L'ATMOSFERA

CAMILLO FLAMMARION

L'ATMOSFERA

DESCRIZIONE

DEI

GRANDI FENOMENI DELLA NATURA

EDIZIONE ILLUSTRATA DA 230 INCISIONI

CASA EDITRICE SONZOGNO - MILANO

della Società Anonima ALBERTO MATARELLI

Via Pasquirolo, 14 ❖ *Printed in Italy*

PREFAZIONE

« In *ea* vivimus, movemur et sumus. »

Fra tutti gli oggetti che possono solleticare la nostra attenzione, sarebb'egli possibile di trovarne pur uno che offrisse un interesse più diretto, più permanente, più vasto di quello del quale stiamo per occuparci? L'atmosfera fa vivere la Terra. Oceani, mari, fiumi, ruscelli, paesi, foreste, piante, animali, uomini, tutto vive entro l'atmosfera. Mare invisibile diffuso sul globo, le sue onde coprono le montagne e le valli, e noi viviamo al disotto di essa e da essa penetrati. È dessa che s'insinua, fluido vivicante, nei nostri polmoni, apre la delicata esistenza del bambinello e accoglie l'ultimo sospiro del moribondo steso sul letto di dolore. È dessa che copre di verdura le ridenti praterie e nutre i gracili fiorellini del pari che gli alberi vigorosi, i quali fanno tesoro dei raggi solari per essercene larghi più tardi. È dessa che abbellisce di una vòlta azzurra il pianeta dove noi ci moviamo, e ci forma una dimora in mezzo alla quale viviamo, quasi fossimo i soli abitatori dell'infinito, i signori dell'universo. È dessa che illumina questa vòlta coi dolci fiammeggiamenti del crepuscolo, cogli splendori ondeggianti dell'aurora boreale, collo spesseggiar dei lampi, coi moltiplici fenomeni aerei. A quando a quando, essa c'inonda di luce e di calore, o ci ricopre d'un oscuro velo. Ora ci disegna nubi d'ogni forma e d'ogni tinta, ora versa la pioggia a torrenti sulle riarse campagne. Essa è il veicolo dei soavi profumi che scendono dalle colline, del suono che permette ai viventi di comunicare tra loro, del canto degli uccelli, dei gemiti della foresta, dei lamenti dell'onda spumosa. Senza di essa il pianeta sarebbe inerte ed arido, silenzioso e senza vita. Per essa il globo è popolato d'abitanti d'ogni forma, i suoi atomi indistruttibili s'incorporano a vicenda negli organismi viventi; i corpi nostri, quelli degli animali, quelli delle piante non sono per così dire che aria solidificata; la molecola che sfugge dalla nostra respirazione piglia posto in una pianta per far poscia ritorno ad altri corpi umani dopo lungo viaggio; gli stessi elementi formano successivamente esseri diversi; ciò che noi respiriamo, beviamo e mangiamo è già stato respirato, bevuto, mangiato migliaja di volte; inanimati ed

animati, è la stessa sostanza che ci forma tutti... Qual havvi argomento di studio più universale e più diretto di quello del fluido vitale a cui siamo debitori del modo di essere e della conservazione della vita?

La cognizione dell'atmosfera, del suo stato fisico, de' suoi movimenti, dell'azione sua nella vita, delle forze spiegate nel suo seno, delle leggi che ne regolano i fenomeni, costituisce un ramo speciale dell'umano scibile. Questa scienza, da Aristotile in poi designata col nome di *Meteorologia*, da un làto collegasi all'astronomia, che indica le rivoluzioni del pianeta intorno al Sole, rivoluzioni a cui dobbiamo il giorno e la notte, le stagioni, i climi, l'azione solare, in una parola la base della Meteorologia; dall'altro, collegasi alla fisica ed alla meccanica, le quali danno il perchè e la misura delle forze spiegate. La Meteorologia, così come la possiamo oggi definire, è una *scienza nuova*, recentissima, non ha guari costituita soltanto ne' suoi principî elementari.

Noi assistiamo al suo lavoro, al grande atto della sua produzione. Egli è durante l'epoca attuale che si sono fondate le società meteorologiche delle varie nazioni d'Europa e che si sono stabiliti speciali osservatorî per lo studio esclusivo dei problemi atmosferici. L'analisi dei climi, delle stagioni, delle correnti, delle periodicità è appena terminata. L'esame delle perturbazioni atmosferiche, dei moti tempestosi, degli uragani è stato compiuto, si può dir quasi, sotto i nostri occhì. La scienza dell'atmosfera è la scienza del giorno. A questo riguardo noi siamo oggi in una situazione analoga a quella in cui trovavasi l'astronomia moderna al tempo di Keplero. L'astronomia è stata fondata nel diciassettesimo secolo. La meteorologia sarà il còmpito del diciannovesimo.

Io ho voluto riunire in quest'opera tutto quanto si sa attualmente di positivo in tale argomento vastissimo; ho voluto rappresentare completo, meglio che fosse possibile, lo stato attuale delle nostre cognizioni sull'atmosfera e l'azione sua, sulla temperatura, le stagioni, i climi, i venti, le nubi, le pioggie, gli uragani, i temporali, il fulmine, le meteore, in una parola sul processo del tempo e, più di tutto, sulla generale conservazione della vita terrestre. È questa una sintesi dei lavori compiuti da mezzo secolo in quasi, da un quarto specialmente, sui grandi fenomeni della natura terrestre e sulle forze che li producono. La maggior parte di noi uomini della Terra, a qualsiasi nazione apparteniamo, viviamo senza renderci conto della situazione nostra, senza chiedere a noi stessi qual sia la forza che ci prepara il pane quotidiano, che fa maturare il vino, che presiede alla metamorfosi delle stagioni, che dispiega sul nostro capo la vivezza d'un cielo puro e la tristezza delle lunghe pioggie e de' rigidi freddi del verno. Epperò, che è mai la vita se vuolsi rimanere in tanta ignoranza? — Io ardisco sperare che dopo la lettura di questo libro, di leggieri chiunque saprà comprendere lo stato di vita del globo. A quanto intorno a noi avviene pigliamo parte allorchè, invece di rimanercene come ciechi nati, abbiamo imparato ad apprezzare le cose, a tenerci in comunicazione intelligente colla Natura.

Avrei avuto caro il tener lontano da questo libro, destinato alla generalità dei leggitori, le cifre e i procedimenti scientifici che ne formano la base. Ho fatto quanto stava in me, ma non ho voluto sacrificar nulla dell'esattezza, nè della precisione dei fatti osservati. D'altra parte, mi è sembrato che ciò che si

chiama il pubblico s'è fatto da sè stesso un po' più scientifico, dacchè tante belle pubblicazioni hanno sparso tra le sue file cognizioni riservate finora ad un piccolo numero di eletti. Gli avvenimenti di questi ultimi anni, 1870 e 1871, non hanno potuto dare per risultato di renderci meno serî. Non siamo più così frivoli come nel tempo in cui ci accaloravamo per romanzi, commedie o favole, e sembriamo più che mai disposti ad impiegare utilmente il tempo che possiamo consacrare alla lettura, ad arricchire la nostra mente di nozioni esatte e feconde. Del resto non v'ha poema, non scena, non romanzo che sia tanto poetico ad udirsi, ammirabile a vedersi, piacevole a leggersi quanto il libro della natura.

Se la forma di questo libro può destare l'attenzione e degnamente esporre gli ammirabili argomenti di cui dobbiamo intrattenerci, io ne vo debitore al concorso di artisti di vaglia, che a profusione disseminarono tutto il libro di pitture e di disegni. Qui si permetterà al certo all'autore di riconoscere che l'editore di quest'opera ha qualche parte — e molta — nel pregio ch'essa può avere. Per qualsiasi libro scientifico è complemento giovevole e grandissimo l'essere illustrato da que' degni interpreti della natura e della scienza i quali gradevolmente sanno rappresentare all'occhio ciò che la penna solo descriverebbe lentamente e con istento. Mi corre or dunque l'obbligo di ringraziare il signor Ciceri per l'ingegno col quale ha dipinto e rappresentato, mediante il meraviglioso sistema della cromolitografia, i quadri principali di quest'opera: i signori Achard, Berchère, Karl e Giradet, Marie, Silbermann, Weber, per le dipinture di paesaggi e di effetti meteorologici: i signori Bayard, Clerget, Férat, Jahandier, Mesnel, Rapine, Sellier e Tournois, per le incisioni in legno che illustrano sotto i varî aspetti questa descrizione dei grandi fenomeni della natura; infine il signor Hansen, per la cura posta da lui nel designare le curve geometriche, i diagrammi e le carte, che completano con tanta evidenza i dati matematici delle osservazioni.

La prima edizione di questo lavoro, pubblicata nel dicembre del 1871, fu esaurita in poche settimane. All'attenzione speciale di cui la stampa si compiacque ritenerlo meritevole, a dispetto delle politiche preoccupazioni, vuolsi attribuire buona parte del risultato, e ritengomi in dovere di esternare a' miei dotti colleghi tutta la mia gratitudine per la simpatia di cui furono larghi a quest'opera.

Ho riveduto il libro con molta attenzione prima di autorizzarne la ristampa; ho procurato in ispecial modo di ottenere una maggior correzione; onde, modificando l'ordito primitivo, lasciando i particolari tecnici ad un'appendice, spero di aver potuto ottenere unità e simmetria. Fino all'ultimo istante della stampa, tenni conto delle osservazioni nuove e delle discussioni della meteorologia contemporanea.

Nè posso peranco entrare in argomento senza ringraziare gli eminenti meteoristi contemporanei, i signori: Marié-Davy, direttore del servizio meteorologico dell'Osservatorio, Sainte-Claire-Deville, ispettore generale della meteorologia, e Renon, il più scrupoloso dei meteoristi, pel benevolo loro ajuto in alcune

ricerche di questo lungo lavoro. La sventura che non a guari ha colpito l'Osservatorio non m'impedisce di far partecipare di questi ringraziamenti il nostro rimpianto Delaunay, il cui concorso tanto mi riescì prezioso pel metodo di compilazione di questo trattato: era uno di quegli uomini rari, pronti sempre quando si tratta dell'interesse e dell'incremento della scienza. Io ringrazierò anche in particolar modo il signor Quételet, il venerando direttore dell'Osservatorio di Bruxelles, il signor Glaisher, direttore del servizio meteorologico dell'Osservatorio reale d'Inghilterra, il padre Secchi, direttore dell'Osservatorio di Roma, Ragona, direttore di quello di Modena, pei preziosi documenti che mi hanno offerti. Del resto poi tutte le opere da me consultate, e coll'ajuto delle quali ho completato i miei studi meteorologici per condurre a buon fine questo lavoro, formano oggetto di una nota speciale al termine del volume.

Ed ora, mio caro lettore, senza sostare più oltre nel vestibolo del Santuario, penetriamo nel misterioso mondo delle meteore. Ecco l'*Atmosfera*, l'aria luminosa, la prima divinità amata e temuta sulla Terra, il *Dyaus* del sanscrito, il *Zeus* o il *Zeos* de' Greci, il *Deus* dei Latini, e il padre degli Dei medesimi, il *Zeuspater*, Giove! È nell'*Aria* che tutto vive e tutto respira, e dove la mitologia salutava lo Spirito creatore, invisibile, che regge l'universo. È dessa infatti la manifestazione a noi più vicina e la più sensibile delle leggi eterne che regolano il Cosmos. Essa involge il mondo in un fluido vivificante, annunzia il giorno e riconduce la sera, porta le nubi e distribuisce le pioggie, accarezza la viola e sradica la quercia, feconda e isterilisce, arde od aggela, unisce il fuoco del fulmine alla rigidissima gragnuola, diaccia e arresta l'acqua sulle vette delle montagne, dà la primavera e l'inverno; essa insomma regna su di noi col suo carattere incostante, ora gajo ora triste, tranquillo in un punto, furioso in un altro, ovunque in mille modi operando e conservando infino dal principio dei tempi la vita brillante e molteplice che splende sulla superficie della Terra.

Parigi, settembre, 1872.

LIBRO PRIMO

IL NOSTRO PIANETA ED IL SUO FLUIDO VITALE

CAPITOLO I.

Il globo terrestre.

Il nostro globo, lanciato nel vuoto dalle misteriose leggi della gravitazione universale, voga nello spazio con tale rapidità, che gli sforzi della nostra mente mal saprebbero concepire. Imaginiamo una sfera assolutamente libera, isolata da ogni parte, senza punto d'appoggio, posta nel mezzo del vuoto interminato. Se questa sfera fosse unica nell'immensità, rimarrebbe così sospesa, immobile, senza poter cadere da una parte meglio che da un'altra. Eternamente fissa nell'infinito, sarebbe ad una volta il centro e la totalità dell'universo, sarebbe l'alto e il basso, la sinistra e la destra del mondo, da sè sola costituirebbe l'intera creazione; l'astronomia come la fisica, la meccanica come la biologia, sarebbero racchiuse nella sua nozione. Ma la Terra non è il solo mondo che esista nello spazio. Al pari di essa, milioni di corpi celesti sono stati formati nell'infinità dei cieli, e tale coesistenza stabilisce fra loro rapporti inerenti alla costituzione stessa della materia. La Terra, in ispecial guisa, appartiene ad un sistema di pianeti ad essa analoghi, aventi la stessa origine e lo stesso destino, situati a diverse distanze intorno ad un centro istesso e retti dal motore medesimo. E il sistema planetario, composto essenzialmente di otto mondi, trasportati sopra orbite mano mano comprendentisi, la più esterna delle quali misura un'estensione di sette miliardi di leghe. Il Sole, astro immenso, 1 280 000 volte più grande della Terra e 324 000 volte più pesante, occupa il centro di queste orbite, o, per parlare più esattamente, uno dei fochi delle ellissi quasi circolari che quelle descrivono. Egli è intorno a quest'astro gigantesco che compionsi le rivoluzioni dei pianeti, le quali effettuansi con una velocità indescrivibile, in ragione della lun-

ghezza e della circonferenza da percorrere. Lungi pertanto dall'essere immobile come a noi pare, il globo che noi abitiamo viaggia alla distanza media di 37 milioni di leghe dal sole, nel mezzo dell'eterea immensità e sopra un'orbita non minore di 235 milioni di leghe da percorrere in 365 giorni e 6 ore! E cioè corre turbinosamente nello spazio colla velocità di 644 000 leghe al giorno, di 26 800 leghe all'ora...

Il convoglio *express* più rapido, trasportato dall'ardor divorante del vapor dalle ali di fuoco, non può percorrere al massimo più di 100 chilometri all'ora, cioè 25 leghe. Sulle vie invisibili del cielo, la Terra cammina con una velocità 1100 volte più rapida; ed è tale la differenza, che non saprebbesi come esprimerla qui geometricamente con una figura. Se si rappresentasse con 1 millimetro soltanto il tratto percorso in un'ora dalla locomotiva Crampton, bisognerebbe tracciare una linea di 1 metro e 10 cent. per rappresentare il tratto comparativo percorso dal nostro pianeta nello stesso tempo. Epperò, nessuna macchina in movimento potrebbe seguire il nostro globo nel suo corso. Aggiungerò, come termine di confronto, che il cammino di una tartaruga è circa 1100 volte meno rapido di quello di un convoglio *express*. Se dunque si potesse mandar dietro alla Terra un convoglio *express*, sarebbe appunto come se si facesse inseguire un treno *express* da una tartaruga.

Situati come siamo noi intorno al globo, quali molluschi infinitamente piccoli, appiccicati alla sua superficie dall'attrazione centrale, e trasportati dal suo moto, non possiamo valutare questo moto, nè rendercene conto direttamente; fu solo mediante l'osservazione e il calcolo del corrispondente spostamento delle prospettive celesti che abbiamo potuto da alcuni secoli appena conoscerne la natura, la forma ed il valore. Neppure sotto il ponte di una nave, nello scompartimento d'un *wagon* o nella navicella di un aerostato, non possiamo renderci conto del moto che ci trasporta perchè vi partecipiamo, e perchè infatti siamo tanto immobili nelle sale della nave in cammino o del convoglio rapido, quanto sotto il pallone, immobile ancor esso in quanto non apparisce il suo moto in relazione all'invisibile aria circostante. Senza oggetti di confronto estranei al movimento, ci è impossibile di valutarlo. Per formarci un'idea della potenza indescrivibile che trascina senza posa nell'infinito la Terra che abitiamo, bisognerebbe che ci supponessimo situati, non già alla superficie di questa terra, ma al difuori, nello spazio, non lungi dalla linea eterna lungo la quale essa corre impetuosamente. Allora vedremmo da lungi, suppongo alla nostra sinistra, una piccola stella brillante, moventesi con sensibile rapidità fra le altre nella notte dello spazio. Poi ci sembrerebbe di veder questa stella ingrossarsi di mano in mano e avvicinarsi. In breve essa offrirebbe un disco, simile a quello della luna, sul quale distingueremmo anche varie macchie formate dalla differenza ottica dei continenti e dei mari, dalle

nevi dei poli, dalle striscie nuvolose dei tropici. Noi procureremmo di riconoscere su questo globo, che andrebbe ingrandendosi, i principali contorni geografici visibili attraverso i vapori e le nubi dell'atmosfera, e, verso il mezzo della massa dei continenti, finiremmo forse coll'intravedere la nostra piccola Francia — che occupa presso a poco la millesima parte del globo; — quand'ecco, improvvisamente, rizzandosi nel cielo e coprendone l'immensa vòlta, il globo apparirebbe ai nostri occhî esterrefatti come un gigante uscito dagli abissi dello spazio! Poi ad un tratto, senza che ci fosse concesso neppure il tempo di riconoscerlo, il colosso passerebbe a noi dinanzi fuggendo alla nostra destra, scemando rapidamente di volume e cacciandosi silenzioso nelle atre profondità del vuoto.

È appunto su questo globo che noi abitiamo, trasportati da esso in una condizione simile a quella dei granelli di polvere che sono aderenti alla superficie di una palla da cannone lanciata nello spazio.

Quanto ci corre da questa verità all'antico errore che rappresentava la Terra come il sostegno del firmamento! Durante il regno di siffatta illusione tanto antica — eppur ancor sì difficile a distruggersi anche ai tempi nostri in certe menti — la Terra era considerata come se da sola costituisse l'universo o l'intera Natura. Essa era il centro e lo scopo della creazione, e l'immensità infinita altro non era che vasta e silenziosa solitudine. Era nell'universo una regione superiore: il cielo, l'empireo... ed una regione inferiore, la Terra, il limbo, l'inferno... L'ingenuo misticismo teneva creato il mondo per la sola umanità terrestre, centro delle divine volontà. Oggi sappiamo che il celo altro non è che lo spazio senza confini, e che la Terra sta nel cielo al pari d'ogni altro astro; noi contempliamo nel vuoto mondi simili al nostro; la notte stellata parla alla nostr'anima con una eloquenza nuova, e, a traverso gli spazî non scandagliabili, aperti dal telescopio alla nostra studiosa curiosità, salutiamo le umanità sorelle, viventi come noi sulla superficie dei mondi! Sublime corona dell'astronomia matematica e fisica, il nuovo aspetto filosofico della creazione sviluppa nelle menti nostre il regno universale della vita e del pensiero; il globo terrestre colla sua umanità non è più se non un atomo lanciato nell'infinito, uno degli innumerevoli ingranaggi che a miriadi costituiscono il misterioso meccanismo del mondo fisico e morale. Il nostro sistema planetario, non ostante la sua immensità a petto del microscopico volume di questa Terra, svanisce del pari col suo raggiante Sole dinanzi all'estensione ed al numero delle stelle — centri solari di sistemi diversi dal nostro. L'occhio sorpreso incontra nello spazio dei soli remoti, la cui luce impiega centinaja e migliaja d'anni per giungere fino a noi, ad onta della sua inaudita velocità di 77 000 leghe ogni secondo; più lungi, l'occhio contempla pallidi ammassi di stelle che, veduti da vicino, sarebbero somiglianti alla nostra via lattea e si mostrerebbero composti di parecchî milioni di

soli e di sistemi; più oltre ancora, la pupilla ed il pensiero tentano discernere quelle lontane creazioni ove risiedono ignote esistenze, ove compionsi, a pari titolo che qui, i misteriosi destini degli esseri...; ma la nostra fantasia non tarda a perdere le forze ne' suoi conati, e finalmente spossata, si smarrisce in questo interminabile volo per le regioni dell'infinito; e, al pari dell'aquila immobile sopra un'isola lontana, l'anima nostra, abbagliata, maravigliasi di non aver mai a sè dinanzi che il vestibolo di una immensità di continuo rinascente.

Astro invisibile, perduto fra le miriadi di astri che gravitano a tutte le distanze imaginabili nella profonda estensione, la Terra è trasportata nel cielo da diversi movimenti, molto più numerosi e più speciali che comunemente non si ritenga. Il più importante è quello di *traslazione,* che ci si offerse dinanzi agli sguardi; moto in virtù del quale essa percorre intorno al Sole una tratta di 644 000 leghe al giorno. — Un secondo movimento, quello di *rotazione,* la fa girare su di sè stessa, le fa fare per così dire una giravolta in 24 ore. Esaminando questo movimento del globo sopra sè stesso, vedesi tosto che i diversi punti della superficie terrestre hanno una velocità diversa secondo le loro distanze dell'asse di rotazione. All'equatore, dove la velocità è massima, la superficie terrestre deve percorrere 10 000 leghe in 24 ore (il metro è la decimilionesima parte del cerchio massimo, uguale per conseguenza a 40 000 chilometri), e quindi 417 leghe all'ora; insomma quasi 7 al minuto. Alla latitudine di Parigi, dove il circolo è sensibilmente meno grande, la velocità è di 4 leghe e $^1/_2$ al minuto. A Reykiavig, una delle città più inoltrate nella regione polare, la velocità è solo di 3 leghe; infine ai poli è nulla. — Un terzo moto, quello che costituisce la *precessione degli equinozî,* fa compiere all'asse terrestre una rotazione lenta che non dura meno di 24 360 anni, per la cui virtù tutte le stelle del cielo cambiano ogni anno di posizione apparente, per non ritornare allo stesso punto se non dopo questo gran ciclo secolare. — Un quarto movimento sposta lentamente l'*afelio* che fa il giro dell'orbita in 21 000 anni, così che in quest'altro ciclo le stagioni pigliano successivamente il posto l'una dell'altra. — Un quinto moto fa oscillare la Terra sul piano dell'orbita che essa descrive intorno al Sole, e diminuisce attualmente l'*obliquità dell'eclittica* per riaumentarla in avvenire. — Un sesto movimento, dovuto all'azione della Luna, e chiamato *nutazione,* fa descrivere al polo dell'equatore sulla sfera celeste una piccola ellisse in 18 anni e $^2/_3$. — Un settimo movimento, cagionato dall'attrazione dei pianeti, e principalmente dal mondo gigantesco di Giove e della nostra vicina Venere, cagiona delle *perturbazioni,* calcolate anticipatamente, nella linea descritta dal nostro pianeta intorno al Sole, gonfiandola o schiacciandola secondo le variazioni della distanza. — Un ottavo movimento fa girare il Sole lungo una piccola el-

lisse il cui foco è nell'interno della massa solare, e fa girare il sistema planetario tutto intero intorno a questo centro comune di gravità. — Infine un nono movimento, considerevole più e meno esattamente misurato dei precedenti, sebbene l' esistenza ne sia incontestabile, è l *trasporto* del sistema planetario intiero a rimorchio del Sole, attraverso i cicli incommensurabili. Il polo non è immobile nello spazio, ma si move lungo una linea orbitale gigantesca, la cui direzione è attualmente portata verso la costellazione d' Ercole. La rapidità di questo movimento generale è valutato 175 000 leghe al giorno. Le leggi del movimento inducono a ritenere che il Sole graviti intorno ad un centro ancora sconosciuto per noi; qual mai debb'essere l'estensione della circonferenza o dell' ellisse descritta da esso, se la linea seguita da un secolo non si presenta ancora che sotto le forme di una linea retta! Forse il Sole cade in linea retta nell' infinito, trascinando seco il suo sistema di pianeti e di comete... Potrebbe cadere *eternamente*, senza mai raggiungere il fondo dello spazio, e senza che noi potessimo neppure accorgerci di tale immensa caduta, se non coll'esame accuratissimo della ognor varia posizione delle stelle.

Questi movimenti diversi che trasportano l' astro della Terra nello spazio sono conosciuti, grazie alle innumerevoli osservazioni fatte sulle stelle da più di quattromila anni, e in virtù della precisione de' moderni principî di meccanica celeste. La loro cognizione costituisce la base essenziale della scienza più elevata e positiva. La Terra è ormai inscritta fra gli astri, a dispetto della testimonianza dei sensi, delle illusioni e degli errori secolari, e sopratutto malgrado la umana vanità, che per tanto volger di tempo erasi formata con compiacenza una creazione ad imagine propria. Il globo terrestre, sottoposto a tutti questi diversi moti, alcuni dei quali, come quello delle perturbazioni, sono assai complicati, corre turbinosamente nel vuoto, piegando a volta a volta sotto diverse inflessioni, salutando i pianeti fratelli, correndo con incomprensibile velocità verso una meta da esso ignorata. Fin dal principio del mondo, la Terra non è passata due volte nello stesso punto, ed il luogo che noi occupiamo in questo istante affondasi con rapidità dietro il nostro solco, per non più ritornare. D'altra parte, la superficie terrestre modificasi ogni secolo, ogni anno, ogni giorno, e le condizioni della vita cambiano nell'eternità come nello spazio. Egli è così che il mondo effettua il suo corso misterioso, e che tanto gli esseri quanto le cose non continuano ad esistere che col subire perpetue metamorfosi.

Dopo di avere in certo modo così valutato il movimento dell' astro Terra nello spazio, dobbiamo aggiungere, per completarne il ritratto astronomico, il moto che la Luna descrive in 28 giorni e mezzo intorno al centro terrestre. La Luna è 49 volte più piccola della Terra e 81 volte meno pesante. La sua azione sull' oceano e sull' atmosfera è

perciò paragonabile a quella del Sole, ed è anzi più importante nella produzione delle maree; non è meno utile di concscere il suo movimento di quello del pianeta terrestre intorno al radiante foco. La sua traslazione circolare intorno alla terra compiesi in 27 giorni e 7 ore, ma durante questo tempo la Terra non è rimasta immobile, anzi ha percorso un certo tratto del suo cammino intorno al Sole; quindi la Luna impiega circa due giorni di più per finire la sua rivoluzione e tornare allo stesso punto relativamente al Sole, ciò che fa 29 giorni e 12 ore ogni lunazione o ciclo delle fasi. La rivoluzione in 27 giorni è chiamata rivoluzione *siderale*, sicchè l'astro ritorna sulla sfera celeste ad una stessa posizione relativamente alle stelle; vedesi che per ritornare allo stesso posto rispetto al Sole e compiere la sua rivoluzione sinodica, il nostro satellite deve fare più che un giro sulla sfera terrestre, aggiungendovi il cammino che il pianeta ha percorso durante tal tempo. Suppongasi la Terra immobile, e si potrà rappresentare il movimento della Luna intorno ad essa con una circonferenza. Nel fatto è una linea sinuosa risultante delle combinazioni dei due movimenti.

Tre astri richiamano così l'attenzione nostra nella storia generale della natura, il Sole, la Terra e la Luna. Essi sono sostenuti, isolati nello spazio secondo i loro pesi rispettivi. Il Sole pesa due nonilioni di chilogrammi (un 2 seguìto da 30 zeri); la Terra 5875 sestilioni di chilogrammi, e la Luna 72 sestilioni. Il Sole è 324 000 volte più pesante della Terra, e la Terra 81 volte più pesante della Luna. Il Sole tiene la Terra, per così dire, a braccia tese a 37 milioni di leghe di distanza; la Terra tiene parimenti la Luna sotto la influenza della sua massa a 96 000 leghe.

Gravitando intorno al brillante astro, il pianeta terrestre, immerso costantemente ne' suoi raggi, svolge successivamente i proprî meridiani sotto il fecondo efflusso luminoso. La mattina succede alla sera, e la primavera all'autunno; la notte del pari che l' inverno non sono che transazioni da una luce all'altra. Il calore solare muove senza posa l'officina colossale dell' atmosfera terrestre, formando le correnti, i venti, le tempeste come le brezze; mantenendo l'acqua limpida e l'aria gasosa; bevendo i pozzi inesauribili dell'oceano; sviluppando le nebbie, le nubi, le pioggie, gli uragani; regolando, in una parola, il sistema permanente della circolazione vitale del globo.

Ed è appunto tale sistema di circolazione che ci accingiamo a studiare in quest'opera, cogli svariati fenomeni che costituiscono il mondo fantastico e potente al tempo istesso dell'atmosfera. Vasto e grandioso è questo sistema, giacchè ne dipende la vita stessa, la intera vita terrestre. E perciò, collo studiarlo, impariamo a conoscere l'ordine della *vita*, su questo interessante pianeta di cui siamo i temporanei cittadini.

CAPITOLO II.

L'invoglio atmosferico.

Il globo, da noi testè contemplato nella sua corsa attraverso lo spazio sull'ale della gravitazione universale, è avviluppato in una lanuggine gasosa, aderente a tutta la sua superficie sferica. Questo strato fluidico è sparso uniformemente intorno al globo e lo circonda da ogni parte. Noi abbiamo paragonato la Terra nello spazio ad una palla da cannone lanciata nel vuoto; supponendo questa palla avviluppata in un sottile strato di vapore che non avrebbe nemmeno un millimetro di spessore e sarebbe aderente alla superficie di essa, ci formeremo un'imagine della situazione dell'atmosfera intorno al globo. È precisamente da questa situazione che deriva il nome stesso dell'atmosfera (*Atmos*, vapore, *Sfaira*, sfera); è infatti come una seconda sfera di vapore concentrica alla sfera solida del globo terrestre.

In generale non si pensa abbastanza al valore, all'importanza di questo invoglio atmosferico. È desso che ci fa vivere, è per esso che la Terra intiera respira. Piante, animali, uomini, vi attingono l'elemento primo dell'esistenza. L'ordinamento terrestre è così costituito che l'atmosfera è sovrana d'ogni cosa e che il saggio può dire di essa ciò che il teologo diceva di Dio: *In essa viviamo, ci moviamo e siamo.* Condizione suprema della esistenza terrestre, essa non costituisce solo la forza virtuale della Terra, ne è inoltre l'ornamento ed il profumo. Al pari d'una carezza eterna, che tutto involgesse il nostro pianeta viaggiatore in una inalterabile affezione, essa accompagna dolcemente la Terra nei campi ghiacciati del cielo, riscaldandola con sollecitudine continua, ed abbellendone il solitario viaggio coi dolci sorrisi della luce e le fantasie delle meteore. Non soltanto essa ha per oggetto, come vedremo fra poco, di nutrire tutti i petti e di vivificare tutti i cuori, ma l'azione sua più generale è quella altresì di mantenere preziosamente alla superficie terrestre il tepido calore venuto dal lontano Sole, di vegliare affinchè non si estingua, e di conservare al nostro pianeta il grado normale della vita che gli è assegnata; funzione che si manifesta nelle correnti regolari, nei venti, nelle pioggie, negli uragani e nelle tempeste. Tale infaticabile lavoro, essa lo dissimula sotto un'apparenza fe-

stevole, sotto una galanteria che non lascia indovinare la sua potenza. Qui le meraviglie ottiche dell'aria svelano i preparativi del vapore acqueo, colà le magnificenze di un tramonto seducono lo sguardo meravigliato; più lungi la Terra palpita sotto l'imponente irradiamento delle aurore boreali, oppure il cielo risplende delle illuminazioni meteoriche; e al di sopra di tutte queste magnifiche scene, domina la misteriosa ed indescrivibile trasparenza di una bella notte stellata. Se qualche legge suprema ci privasse un giorno di questa dolce atmosfera, la Terra in breve girerebbe agghiacciata nei deserti dell'immensità, più non portando seco che immoti cadaveri e muti paesaggi, un immenso sepolcro che silenziosamente cadrebbe nel lugubre spazio.

L'aria è il primo nodo della società. Se l'atmosfera svanisse nello spazio, la crosta della superficie terrestre, oggi sì piena di vita, sarebbe un sinistro soggiorno d'inalterabile immobilità, sepolto in eterno silenzio. Nella nostra noncuranza della natura, noi non vi pensiamo; ma l'aria è il gran *medium* del suono, il mezzo fluidico nel quale viaggiano le nostre parole, il veicolo del linguaggio, delle idee, delle relazioni sociali. Che sarebbe mai il mondo senza la parola?

Essa è anche il primo elemento del tessuto dei nostri corpi. Noi siamo aria organizzata. La respirazione ci nutre per tre quarti; l'ultimo quarto lo attingiamo negli alimenti solidi o liquidi, nei quali dominano ancora l'ossigeno, il vapore acqueo, l'azoto, l'acido carbonico. Inoltre, una molecola ora incorporata nel nostro organismo ne sfuggirà bentosto coll'espirazione o colla traspirazione, per appartenere all'atmosfera durante uno spazio di tempo più o meno lungo, ed incorporarsi poi in altro organismo, pianta, animale od uomo. Gli atomi che costituiscono attualmente il vostro corpo, o lettore o lettrice che volgete queste pagine, jeri non facevano tutti parte della vostra persona, e forse alcuni mesi sono non ve n'era neppur uno. Dov' erano? Nell' aria od in un altro corpo. Tutti gli atomi che costituiscono ora i vostri tessuti organici, i vostri polmoni, gli occhî, il cervello, le gambe, ecc., hanno già servito a formare altri tessuti organici... Siamo tutti morti risuscitati, fabbricati colla polvere de' nostri maggiori. Se tutti gli uomini che sono vissuti fino ad oggi risuscitassero, ve ne sarebbero cinque ogni piede quadrato su tutta la superficie dei continenti, costretti, per capirvi a montar sulle spalle gli uni degli altri; ma non potrebbero risuscitare tutti integralmente, chè sono formati press'a poco dagli stessi materiali che successivamente hanno già servito. E perciò i nostri organi attuali, divisi un giorno nell'ultime loro particelle, troverannosi incorporati nei nostri successori, ed io so che la mia destra, ora occupata a scrivere queste linee, sarà in un tempo vicino assolutamente decomposta, e che gli elementi da cui è costituita fioriranno nella pianta, voleranno nell'uccello, agiranno in un altro uomo. L' aria, veicolo ognor rinnovato

dalle emigrazioni degli atomi terrestri, stabilisce così una fraternità universale, indissolubile fra tutti gli uomini e fra tutti gli esseri.

Quale continua metamorfosi degli esseri e delle cose, avviene certamente uno scambio fra i prodotti della natura ed i mobili fiotti dell'atmosfera, per virtù del quale i gas dell'aria si fissano nell'animale, nella pianta e nella pietra; mentre gli elementi primitivi, incorporati per poco in un organismo o negli strati terrestri, se ne svincolano o ricompongono il fluido aereo. Ogni atomo d'aria passa dunque eternamente di vita in vita e se ne sfugge di morte in morte; a vicenda vento, fiotto, terra, animale o fiore, esso è successivamente incorporato alla sostanza degl'innumerevoli organismi. Fonte inesauribile a cui attinge tutto ciò che ha vita, l'aria è inoltre un serbatojo immenso, ove tutto ciò che muore versa l'ultimo anelito: per effetto del suo assorbimento, vegetali, animali, organismi diversi nascono e poi deperiscono. La vita, la morte sono del pari nell'aria che respiriamo, e succedonsi perpetuamente l'una all'altra nello scambio delle molecole gasose; l'atomo d'ossigeno che esala da un'annosa quercia vola nei polmoni del neonato; gli ultimi sospiri d'un morente vanno a tessere la brillante corolla del fiore od a spandersi come un sorriso sulla verdeggiante prateria. L'auretta che mollemente accarezza lo stelo dell'erbe va a trasformarsi più lungi in tempeste, a sradicare alberi secolari ed a mandar a picco le navi; onde, con un infinito concatenamento di morte parziale, l'atmosfera alimenta di continuo la vita dell'universo. Ciò che forma, nutre e conserva il tappeto vegetale sulla superficie dei continenti è l'incessante attività dell'inviluppo gasoso aereo. Dal più esile filo d'erba al gigante baobab, questo ricco e variato tappeto attinge nell'aria le proprie condizioni d'esistenza ed avvolge in sempre nuovi abbigliamenti lo scheletro geologico del globo, che rimarrebbesi nella sua fredda ed aspra nudità, come vedesi in certe roccie brulle, senza l'*humus* vegetale formato di stagione in stagione dall'attività dell'atmosfera.

Di più, l'atmosfera, mentre mantiene la circolazione vitale della Terra coi continui scambî di cui essa è il veicolo, è pure il laboratorio aereo e leggiero del mondo splendido dei colori che allegrano la superficie del pianeta nostro. Gli è per virtù della riflessione dei raggi turchini, che il cielo e le alture lontane dell'orizzonte si coprono di quel manto azzurro, che varia al variare delle altitudini de' luoghi, dell'abbondanza del vapore acquoso, del contrasto delle nubi; è a motivo della rifrazione subìta dai raggi luminosi passando obliquamente attraverso gli strati aerei, che il Sole si fa annunziare ogni mattina dalla soave e pura melodia dell'aurora crescente, e si mostra esso medesimo innanzi l'ora astronomica della sua levata; ed è ad un analogo fenomeno cui va debitore alla sera di rallentare, in apparenza, la sua discesa sull'orizzonte; poi, quand'è scomparso, di lasciar ondeggiare nelle altezze del

tramonto i fantastici brandelli del suo letto fiammeggiante. Senza l'involglio gasoso del nostro pianeta, mai non avremmo quei giuochi di luce sì varî, quelle diverse armonie di colori, quegli scambî di delicate gradazioni che rischiarano il mondo, dall'ardore scintillante del Sole d'estate fino all'ombra i cui prudenti veli stendonsi nel fondo de' silenziosi boschi. Ne abbiamo varî altri esempî nell'astronomia, che ci offrono altrettanti tipi d'illuminazioni atmosferiche diverse. Mentre in Venere, per esempio, distinguiamo facilmente sui meridiani di levante e di ponente, l'alba e il declinar del giorno secondo la rotazione di questo pianeta, il cui giorno è quasi uguale al nostro, sulla Luna invece non vediamo nè crepuscoli, nè penombre, poichè il cielo di questo mondo vicino è costantemente nero, stellato tanto di giorno quanto di notte, e sprovvisto, al pari del suolo lunare, dei coloriti vaporosi che sono la bellezza de' nostri paesaggi.

Lo studio dell'atmosfera comprende così l'insieme delle condizioni della vita terrestre. La nozione della vita è in tutte le nostre concezioni siffattamente unita a quella delle forze che vediamo ognora operose nella natura, vuoi per creare, vuoi per distruggere, che i miti dei popoli primitivi hanno attribuito a tali forze il generarsi delle piante e degli animali, e presentata l'epoca anteriore alla vita come quella del caos primitivo o della lotta degli elementi. « Se non si considera lo studio dei fenomeni fisici ne' suoi rapporti coi nostri bisogni materiali, dice Humboldt, ma nella sua influenza generale sui progressi intellettuali dell'umanità, trovasi come più elevato e più importante effetto di tale investigazione la conoscenza del collegamento di tutte le forze della natura, il sentimento intimo della loro reciproca dipendenza. L'intuizione di tali rapporti è ciò che dilata le nostre vedute e nobilita i nostri godimenti. Siffatto ampliarsi di prospettive è il frutto della meditazione e dello spirito del tempo, sul quale concentransi tutte le direzioni del pensiero. A chiunque sa risalire attraverso gli strati de' secoli anteriori, fino alle ascose origini delle nostre cognizioni, la storia rivela in qual modo da migliaja d'anni in qua il genere umano siasi affaticato per afferrare, di mezzo a continui mutamenti, l'invariabilità della legge di natura, e conquistare progressivamente una parte del mondo fisico colla forza dell'intelligenza. »

La natura studiata razionalmente, cioè assoggettata nel suo complesso al lavorio del pensiero, è unità nella diversità dei fenomeni, è armonia fra le cose create che differiscono tra loro per la forma, per la speciale costituzione, per le forze che le animano; è il tutto *(to pan)*, penetrato da un soffio di vita. Il risultato più importante di un esame razionale della natura è di saper cogliere l'unità e l'armonia di quest'immenso radunamento di cose e di forze, e d'abbracciare con uno stesso ardore ciò che è dovuto alle scoperte dei secoli passati e a quelle dei tempi in cui viviamo, d'analizzare i fenomeni nei loro particolari

senza soccombere sotto lo strabocchevole numero di essi. Così è concesso all'uomo di mostrarsi degno de' suoi alti destini, penetrando il significato della natura, svelandone i segreti, e dominando colla sintesi del pensiero i materiali raccolti dall'osservazione.

Ora possiamo contemplare il nostro pianeta mentre vaga nello spazio recinto tutt'intorno dall'invoglio aereo che gli sta aderente. Il nostro pensiero vide chiaramente la forma generale di questa sfera gasosa, e relativamente sottile e leggiera, che involge il solido globo. Alcuni uditori de' corsi d'astronomia e di conferenze m'hanno spesso ripetuto che, a parer loro, prima d'essere istruiti su questo punto, la Terra appoggiavasi sull'aria che occupava lo spazio, era insomma da quella sostenuta. Nulla di tutto ciò. All'opposto, è l'atmosfera che è sostenuta dal globo. Il globo è sostenuto nell'immensità dalla potenza invisibile della gravitazione universale.

La superficie esterna dell'atmosfera è dunque curva come quella del mare; poichè, al pari dell'acqua, l'aria tende sempre a mantenere il livello ad uguale distanza dal centro. Agli occhi de' principianti di geometria sembra difficile il conciliare l'idea della superficie sferica con quella del livello; l'idea che l'aria abbia un livello orizzontale come l'acqua, e che, simile ad un oceano aereo, questo livello tenda continuamente ad equilibrarsi, pare a prima giunta un po' oscura. Non pertanto, non solo l'aria possiede tutte le proprietà di elasticità, di mobilità in grado illimitato, come fluido tendente verso l'equilibrio, ma è altresì comprensibile al maggior grado e proporzionalmente suscettiva di moltissima espansione. — Son questi fatti che voglionsi aver di continuo presenti, chè serviranno all'intelligenza di un gran numero di condizioni atmosferiche specificate ne' capitoli seguenti.

Qual è lo spessore di questo strato gasoso che avviluppa il nostro globo di 3000 leghe di diametro? Mano mano che ci portiam più in alto, troviam l'aria più rada, in guisa che agli ultimi strati non vi sarà più nulla che pesi su di questa; tuttavia, essendo l'atmosfera limitata, è necessario che non si perdano questi strati nello spazio, e che, vista la loro rarefezione ed il loro grande abbassamento di temperatura, il loro stato fisico venga modificato in guisa che la forza elastica sia nulla. Laplace ha indicato questa condizione indispensabile; Poisson l'ha specificata, mostrando che l'equilibrio sarebbe ancora possibile con una densità eziandio limitatissima, semprechè il flusso non fosse espansivo; infine J. B. Biot, il quale ha riassunto queste condizioni, definisce molto bene lo stato degli ultimi strati atmosferici non espansivi, dicendo che debbon essere come un *liquido non evaporabile* ». — Nel capitolo seguente esamineremo le condizioni meccaniche e fisiche di quest'invoglio aereo, ne apprezzeremo la forma esterna e ne misureremo l'altezza.

CAPITOLO III.

Altezza dell'atmosfera.

FORMA DELL'INVOGLIO AEREO INTORNO ALLA TERRA.

SUE CONDIZIONI; SUA ORIGINE.

Dappoichè la Terra voga nell'immensità, trasportata da una velocità vertiginosa, ed aderente alla propria superficie trascina lo strato gasoso che la involge, ne viene che questo strato gasoso non si stende all'infinito nell'immensità, ma cessa di esistere ad una certa distanza dalla superficie.

Fino a qual distanza può esso estendersi? Siccome la rotazione del globo seco lo trascina nel suo rivolgimento diurno, noi possiamo osservare dapprima che ad una cert'altezza al disopra del suolo il movimento dell'atmosfera è così rapido, che la forza centrifuga da quello spiegata getterebbe nello spazio le molecole d'aria esterna, le quali cesserebbero di essere aderenti, e per questo appunto di continuare l'atmosfera.

Certi inventori di processi di navigazione aerea eransi vagamente imaginati che l'atmosfera non si movesse completamente colla Terra, che inalzandoci ad una data altezza vedremmo sotto di noi girare il globo, e che altro non mancherebbe se non aspettare che il meridiano dove si vuol discendere passi sotto la navicella, per trovarvisi trasportati dalla rotazione del globo.

Esporre questa ipotesi vuol dire confutarla. Tutto quanto circonda la Terra le è sottomesso. Financo la Luna, a 96 000 leghe di lontananza, circola a noi d'intorno nel senso della nostra propria rotazione, ma con una velocità minore, a motivo della sua esistenza individuale, del peso relativo e della distanza.

La forza centrifuga s'accresce in ragione del quadrato della velocità. All'equatore è la 89.ª parte del peso. Ora osservasi che se la terra girasse 17 volte più presto, siccome $17 \times 17 = 289$, all'equatore i corpi non avrebbero peso; un oggetto, una pietra staccata dal suolo colla mano, non vi ricadrebbe più. L'uomo sarebbevi così leggiero, che ballando parrebbe un'area silfide trasportata dal vento. Stando tra di loro,

Fig. 1. — Torricelli inventore del barometro.

le circonferenze nel rapporto dei raggi, ad una distanza 17 volte maggiore di quella che passa da qui al centro della Terra, a 25 500 leghe d'altezza, quando rimanesse ogni cosa inalterata, l'atmosfera cesserebbe di essere. Ma d'altra parte il peso diminuisce di mano in mano che ci allontaniamo dal centro d'attrazione.

Nel combinare questa diminuzione coll'accrescimento della forza centrifuga, ho calcolato verificarsi a sei volte e mezzo circa (16,64) il raggio del globo, cioè a 10 000 leghe al disopra della superficie della Terra, che l'attrazione pareggia il peso, e che per conseguenza le molecole aeree che potessero trovarsi ancora in questi spazî debbono per forza sfuggire. È la distanza alla quale graviterebbe un satellite precisamente in 23 ore e 56 minuti, durata della rotazione del nostro pianeta; è il *limite teorico massimo* dell'atmosfera (fig. 2). Questa è ben lungi dallo estendersi tanto come vedremo, ma matematicamente lo potrebbe, ed è soltanto a sì enorme distanza che la forza centrifuga sarebbe forte a sufficienza per opporsi all'esistenza di un'atmosfera.

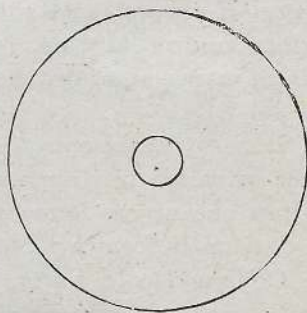



Fig. 2. — Limite teorico massimo dell'atmosfera.

Forse in quelle regioni elevate, ai confini delle sfere d'attrazione degli astri, avviene uno scambio nelle loro molecole gasose. Tale è il limite estremo massimo dell'atmosfera; tuttavia ad un'altezza senza confronto minore che fermasi il fluido respirabile per l'uomo. E perciò all'altezza di 3000 metri, che io ho spesso raggiunta in pallone (l'altezza dell'Etna), si ha sotto i piedi quasi il terzo della massa area; a 5500 metri, oltre la cui altezza ergono ancora le loro vette un gran numero di montagne, la colonna d'aria che gravita sul suolo ha già perduto la metà del suo peso; onde tutta la massa gasosa che estendesi bèn lungi nel cielo, fino a distanze immense, è semplicemente uguale agli strati aerei compressi al disotto nelle regioni inferiori.

Fig. 3. — Limite matematico della figura dell'atmosfera.

Per virtù di queste forze, la forma dell'atmosfera non è assolutamente sferica, ma rigonfia all'equatore, ove è più elevata che ai poli. La figura dell'atmosfera dei corpi celesti è tale, che la risultante della forza centrifuga e della forza attrattiva le è perpendicolare. Il limite

massimo di questa figura, dove maggiore è lo schiacciamento, è stato dato da Laplace; il diametro dell'atmosfera nel senso dell'equatore è un terzo più grande del diametro pel verso dei poli. È il *limite matematico* (fig. 3) verso il quale tende l'atmosfera terrestre.

Ma essa non ha tal forma esagerata, quantunque in realtà sia alquanto più rigonfia all'equatore che ai poli. Per completare questa figura, aggiungerò inoltre essere probabile che una lieve coda di gas leggieri rimanga costantemente dietro al globo nella sua rapida traslazione intorno al Sole. Infine queste forme alteransi anche per effetto delle maree atmosferiche, dovute alla variabile attrazione della Luna e del Sole.

Il peso decrescente degli strati atmosferici ci offre il primo modo per calcolare un limite minimo dell'altezza dell'atmosfera. Nella stessa guisa che or ora la meccanica ci ha presentato un limite massimo, qui i dati ce li fornirà la fisica.

Ogni molecola d'aria, per effetto del suo peso, esercita una pressione sulle molecole situate al disotto di essa; questa pressione dall'alto al basso aggiugnesi al peso d'ogni strato successivo e contribuisce, combinandosi coll'azione del globo terrestre, a trattenerglieli intorno. In una colonna d'aria verticale trovansi vicini al suolo gli strati più densi; questa densità diminuisce mano mano che l'osservatore s'inalza, perchè la porzione d'atmosfera posta sotto di lui non esercita più alcuna pressione sulle altre situate al suo livello. Il barometro che misura questa pressione segna più basso sulla vetta che alle falde di una montagna; ed il rapporto esistente fra la pressione e l'altezza è sì intimo, che si può dedurre la differenza di livello di due punte, dalle differenze di lunghezza delle colonne barometriche osservate simultaneamente nelle due stazioni.

Più la pressione diminuisce e più l'aria tende a dilatarsi; percui, a prima giunta, pare che l'atmosfera debba estendersi a grande lontananza.

Un celebre fisico, Mariotte, ha tentato di determinare la legge della compressione dei gas, ed ha trovato che la quantità d'aria contenuta nello stesso volume, o, in altre parole, la densità dell'aria, è proporzionale alla sofferta pressione. Questa proprietà è spiegata nei corsi di fisica sotto il nome di *legge di Mariotte*. Fino a questi ultimi anni è stata considerata come perfettamente esatta; pure mal giungevasi a comprendere come avvenga che l'atmosfera terrestre non si stenda molto lontano nello spazio, mentre altre considerazioni indicano che essa è necessariamente limitata, e cessa ad una piccola distanza al disopra del suolo.

Ma questa contraddizione apparente era il risultato di una troppo larga applicazione della legge di Mariotte, legge approssimativa invece

di essere rigorosa. Il signor Régnault ha studiato le differenze reali fra la legge teorica ed i fatti.

In seguito a tale constatazione, il mio antico collega dell'osservatorio di Parigi, il signor Emmanuel Liais, introducendo piccolissime bollicine d'aria in un grande vuoto barometrico, di forma speciale, ha riconosciuto che i divarî fra i dati dell'osservazione e quelli della teoria comunemente adottata sono ancor maggiori. Diminuendo a sufficienza la quantità d'aria, si giunge perfino a trovare un limite dove le bollicine, invece di respingersi, come avverrebbe se i gas fossero dilatabili all'infinito, sembra abbiano tra loro un'aderenza simile a quella delle molecole di un liquido vischioso. Pertanto l'elasticità dell'aria che produce l'espansione cessa ad un dato grado di dilatazione, dopo il quale questo gas comportasi come un liquido senza confronto più leggiero di tutti quelli che conosciamo.

A motivo di tale osservata decrescenza della densità dell'aria in ragione dell'altezza, esaminando da questo punto di vista speciale le condizioni fisiche dell'equilibrio, e pigliando per elemento tre serie d'osservazioni barometriche, termometriche ed igrometriche fatte ad altezze diverse da Gay Lussac, Humboldt e Boussingault, G. B. Biot ha dimostrato che l'altezza minima dell'atmosfera è di 47 800 metri, cioè 12 leghe circa. Quivi l'aria debb'essere così rara come sotto il recipiente delle macchine pneumatiche, ove si è ottenuto il vuoto — vuoto relativo, dappoichè non possiamo ottenere il vuoto assoluto.

Così l'altezza minima dell'atmosfera è di 12 leghe e l'altezza massima è di 10 000. Ecco due limiti certi, ma assai discosti l'uno dall'altro. Non ci sono altri metodi per avvicinarsi meglio al vero?

Si è tentato infatti di misurare otticamente l'altezza dell'atmosfera, studiando la durata dei crepuscoli, il tempo che i raggi solari continuano ad attraversare le regioni aeree mentre l'astro stesso è sceso sotto l'orizzonte.

Se l'atmosfera terrestre fosse illimitata, il fenomeno della notte ci sarebbe completamente sconosciuto; la luce del sole, giunta a strati d'aria a bastevole lontananza dalla Terra, potrebbe sempre esserci rimandata dalla riflessione che tali strati le farebbero subire. Da un altro canto, la mancanza di qualsiasi invoglio aereo avrebbe per risultato di darci la notte non sì tosto tramontato il Sole e la viva luce del giorno all'istante stesso del suo levare. Ora niuno ignora che il crepuscolo vespertino e l'aurora allungano la durata del tempo durante il quale si è illuminati dalla luce solare. Comprendesi che l'osservazione di questo fenomeno ha dovuto far nascere per tempo l'idea di cercare la misura dell'altezza dell'atmosfera.

Supponiamo che la Terra sia figurata dal raggio di cerchio O A (fig. 4), e che la sua atmosfera sia limitata dalla circonferenza *F G H I C*. È evi-

dente che allorquando il sole sarà sceso sotto l'orizzonte *F A C B* del luogo A, esso non illuminerà più che porzione dell'atmosfera. Così quando il Sole sarà in *J*, se s'imagina un cono tangente alla Terra ed avente per vertice il Sole, tutte le parti dell'atmosfera sotto *J G* cesseranno d'essere illuminate per l'osservatore posto in *A*, e solo la parte *C I H G* lo sarà ancora. Più tardi, quando il Sole sarà in *J'*, d'illuminata non vi sarà più che la parte *C I H;* più tardi ancora la parte *C I;* finalmente, quando il Sole sarà in *J'''*, sulla parte di tangente condotta dall'intersecazione dell'orizzonte *F A C B* colla circonferenza limitata dell'atmosfera, avrà fine il crepuscolo. Non appena il sole è tramontato, devesi dunque vedere apparire una specie d'arco dal lato opposto, alzarsi a poco a poco, giungere allo zenit, poi abbassarsi e infine scomparire. Per l'aurora o crepuscolo mattutino i fenomeni ripeterebbonsi in modo opposto. Quest'è la teoria che i più antichi astronomi avevano concepita sui fenomeni crepuscolari. Trovasi nell'ottica di Alhasen (secolo decimo) che l'angolo d'abbassamento del Sole per la fine del crepuscolo od il principio dell'aurora è di 18°, valore dai medesimi astronomi tuttavia adottato per media.

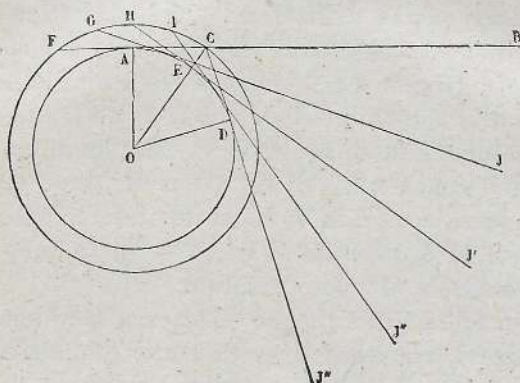



Fig. 4. — Misura dell'altezza dell atmosfera colla durata del crepuscolo.

Nei nostri climi, scorgesi difficilmente con nettezza il limite di separazione fra la parte dell'atmosfera illuminata dal Sole e quella che non riceve i raggi diretti. Però Lacaille, nel suo viaggio al capo di Buona Speranza, ha constatato tutte le fasi da noi dianzi indicate secondo la teoria. « Il 16 e il 17 aprile 1751 mi trovavo in mare. Questo era tranquillo, il cielo era chiaro e sereno, sì che distinguevo Venere all'orizzonte come una stella di seconda grandezza, e vidi la luce crepuscolare terminata in arco di cerchio assai regolare. Dopo di aver registrato l'orologio sul tempo vero, al tramonto del sole, vidi quest'arco confuso coll'orizzonte; e calcolai, all'ora in cui feci l'osservazione, che il Sole erasi abbassato il 16 aprile di 16° 38'; il 17, di 17° 13'! »

Dappoi sono state fatte altre osservazioni, come vedremo più innanzi.

Comprendesi che, conoscendo il cerchio diurno apparente descritto dal Sole in un dato giorno e la posizione dell'osservatore sulla Terra si possa calcolare, per mezzo del tempo scorso fra l'ora del tramonto e quella della scomparsa dell'arco crepuscolare, l'angolo percorso dall'astro radioso al disopra dell'orizzonte. Comprendesi del pari che, se-

condo le stagioni e secondo i luoghi, trovasi una durata diversa pel crepuscolo e l'aurora: poichè la maggiore o minor lontananza del Sole e lo stato dell'aria debbono influire sulla direzione e sulla quantità di luce che dopo molteplici riflessioni e rifrazioni perviene ad ogni osservatore.

Nel secondo libro studieremo gli effetti ottici del crepuscolo: qui non dobbiamo occuparci che del rapporto esistente fra la sua durata e l'altezza dell'atmosfera.

Ora, il tempo durante il quale il Sole, dopo di essere sceso sotto l'orizzonte d'un luogo, continua ad illuminare direttamente una parte dell'atmosfera visibile da questo luogo, dipende dallo spessore degli strati aerei che avviluppano la Terra. Infatti, imaginiamoci di far passare un piano dal luogo A della figura precedente, dal centro O della Terra, e dal centro del Sole; questo piano taglierà la Terra secondo il cerchio $O\,A\,F$; $A\,B$ sia la traccia dell'orizzonte del luogo A in questo stesso piano; dal punto d'incontro C del cerchio $O\,A$ e della linea $A\,B$ conduciamo la tangente $C\,D$ alla Terra. Tutta la parte dell'atmosfera visibile in A cesserà d'essere illuminata dal Sole, quando quest'astro, nel suo moto diurno apparente, sarà sceso al disotto di $C\,D\,J'''$. Ora abbiamo dianzi veduto come dalla durata del crepuscolo concludevasi che esso terminava quando l'angolo $B\,C\,J'''$ d'abbassamento al disotto dell'orizzonte era di 18°. Siccome l'angolo $O\,A\,C$ è retto ed $O\,A$ è il raggio della Terra, conoscesi un lato e gli angoli del triangolo $O\,A\,C$; e per conseguenza si può calcolarne tutti gli elementi. Onde se considerasi $O\,C$ come noto, ne risulta che si ha l'altezza $E\,C$ dell'atmosfera, differenza fra $O\,C$ ed il raggio $O\,E$.

Fig. 5. — Sezione dimostrante lo spessore relativo della crosta terrestre della nostra atmosfera e di un'atmosfera superiore

Tale è il metodo imaginato da Keplero per dedurre dai fenomeni crepuscolari l'altezza dell'atmosfera. I risultati da esso forniti concordano coi precedenti per dare alla nostra atmosfera omogenea, ma di decrescente densità, un'altezza tra le 12 e le 15 leghe. Essendo il raggio medio della Terra di 1591 leghe, vedesi che tale altezza è solo la centotrentesima parte di questo raggio, cioè che se si rappresentasse la Terra con una sfera di 10 metri di diametro, l'atmosfera sarebbe paragonabile ad uno strato di vapore aderente alla superficie di questo globo dello spessore di 38 millimetri.

La figura 5 rappresenta esattamente questo rapporto. Essa mostra: 1.° l'interno incandescente del globo a: 2.° la crosta solida b, sulla quale viviamo ed edifichiamo città e dinastie, e che ha appena 12 le-

ghe di grossezza, poichè in ragione dell'osservato aumento di temperatura di 1 grado ogni 33 metri, i minerali a tale profondità sono in fusione; 3.° lo splendore dello strato d'aria sotto cui respiriamo *c;* 4.° l'altezza probabile di un'atmosfera leggierissima *d*, sovrapposta alla nostra della quale ci accingiamo a parlare.

Nondimeno aggiungerò riguardo alla misura dell'altezza dell'atmosfera, mediante la durata del crepuscolo, che certi osservatori hanno avuto per risultato della stessa ricerca un'elevazione di molto superiore alla precedente e che dimostra come le 12 leghe non rappresentino realmente che un *minimum*. Il signor Liais ha calcolato direttamente quest'altezza colla osservazione della durata del crepuscolo e della curva crepuscolare, che colora il cielo con quella stupenda tinta rossa sì spiccata, specialmente nei paesi meridionali. Tali studî sono stati compiuti da una parte sull'Atlantico, in una traversata dalla Francia a Rio Janeiro, dall'altra nella baja di questa capitale. Essi hanno dato per altezza probabile la cifra piuttosto elevata di 330 chilometri.

Nello studiare sulla vetta del Faulhorn il cammino degli archi crepuscolari, l'egregio meteorologo Bravais ha ottenuto dal canto suo risultati indicanti 115 chilometri. D'altra parte, quest'altezza varia colla temperatura delle stagioni e rimane costantemente maggiore all'equatore.

Un altro metodo, diverso ancora de' precedenti, si fu quello di misurare lo spessore della penombra che ci manda l'ombra della Terra, disegnata sulla Luna durante gli eclissi lunari, del pari che i fenomeni di rifrazione che si producono. Tale misura dà da 80 a 100 chilometri per altezza dell'atmosfera terrestre, la cui influenza si fa sentire sotto questo speciale aspetto.

Le osservazioni che accennano ad un'altezza di molto superiore alle 15 leghe teoriche, da alcuni anni in qua sono state oggetto di speciali discussioni. Il mio dotto maestro ed amico Adolfo Quételet, direttore dell'osservatorio di Bruxelles, da un gran numero di ricerche intorno a ciò, ha dedotto che infatti l'atmosfera stendesi molto più in alto che non lo si imaginasse; ma in quelle regioni non conserva la composizione medesima.

Tale appendice potrebbe ascriversi ad un'atmosfera *eterea,* eccessivamente rarefatta e di natura diversa da quella dell'atmosfera terrestre nella quale viviamo. È la regione dove vedonsi specialmente le stelle filanti, che in seguito scompajono passando a minore altezza nell'atmosfera terrestre.

L'atmosfera superiore sarebbe *stabile:* l'inferiore *instabile,* e di continuo agitata. I movimenti speciali, cagionati dall'azione dei venti e dalle tempeste, sarebbero limitati nella loro altezza dall'effetto delle stagioni, e d'altra parte sembra non si estendano oltre le 3 o 4 leghe di elevazione in inverno ed il doppio in estate. Le regioni aeree situate

a maggior altezza debbono provare un movimento debolissimo, appena sensibile, proveniente dalla base mobile sulla quale posano.

A motivo del continuo agitarsi delle regioni inferiori, l'aria che vi si raccoglie può dirsi ovunque la stessa per riguardo alla chimica composizione; nè trovasi differenza alcuna alle diverse altezze ov' è possibile elevarsi per prender l'aria e sottoporla ad analisi. Nello strato immobile situato più in alto, dove gli esseri viventi non hanno accesso e dove le nubi non s'inalzano, potrebbesi ammettere all'opposto che i mezzi vi si stendono facilmente nell'ordine della loro densità e che vi si sviluppano a strati uniformi, vuoi mescolandosi, vuoi tenendosi separati. Non è necessario supporre ogni strato composto come quello che gli è sottostante; esso può anzi portare alla superficie sostanze di un peso specifico minore, nè suscettibili di combinarsi o di mescolarsi alle sostanze inferiori.

Quivi nascerebbero que' fenomeni di cui mal sappiamo formarci una idea, giudicandoli dalla superficie del nostro globo; quivi mostrerebbonsi del pari le stelle filanti che vengono da maggiori altezze, le aurore boreali ed i grandi fenomeni luminosi, dei quali siamo spesso testimonî senza poter sottometterli direttamente alle nostre esperienze. Tutte queste parti non ci sfuggono completamente, sopratutto nelle aurore boreali e nei fenomeni magnetici. Se non possiamo aggiungere la causa, ne sentiamo però gli effetti in guisa da essere in grado di apprezzarli.

Sir John Herschel, de la Rive, Hansteen pare dividano in proposito l'opinione di Quételet. Noi possiamo perfettamente ammettere che al disopra della nostra atmosfera d'ossigeno, d'azoto e di vapore acquoso, sia un'atmosfera assai leggiera, naturalmente composta dei gas più leggieri che siansi formati nei tempi primitivi dell'ordinamento terrestre e, secondo il mio modo di vedere, dell'idrogeno specialmente.

L'altezza media alla quale s'infiammano le stelle filanti è di 120 chilometri, e si sono misurate aurore boreali che pareva lanciassero i loro fascî luminosi fino all'altezza di 200 leghe. Noi non possiamo dunque tracciare il confine di quest'atmosfera eterea sotto il limite massimo che abbiamo fissato. Ma l'esistenza simultanea di due atmosfere sarà la conclusione generale a cui ci fermeremo dapprima.

Quanto alla base dell'atmosfera, possiamo ora chiederci se si arresta alla superficie del suolo e non discende nell'interno del globo.

Siccome essa gravita su tutti i corpi situati alla superficie della Terra tende a penetrare dovunque, fra le molecole dei liquidi come negli interstizî delle roccie; l'acqua ne contiene del pari che i vegetabili e tutti i composti organici, la terra, le pietre porose ne sono impregnate sempre in maggior quantità se la pressione è più considerevole. Vedesi dunque che l'aria non dev'essere limitata alla porzione nello stato d'invoglio gasoso, e che una notevole frazione de' suoi elementi è penetrata

nelle acque dell'oceano e negli interstizî dei terreni. Alcuni dotti hanno supposto che l'aria costituente l' atmosfera non fosse se non un prolungamento di un' atmosfera interna; ma l' aumento di temperatura per effetto del calore centrale si oppone alla condensazione dei gas e deve limitare la presenza dell'aria negli strati profondi.

Si può avere un valore approssimativo della quantità d' aria tenuta prigioniera nelle acque dell' oceano mediante la misura dell' assorbimento dei gas operato dai liquidi. Nell'ordinaria pressione, l'acqua del mare assorbe da due a tre centesimi del suo volume l'aria; solamente la proporzione d'ossigeno è superiore all'aria libera. Il calcolo dimostra che la quantità d' aria assorbita dall' oceano non oltrepassa tre centesimi dell'atmosfera.

Ecco dunque completamente determinata per noi l'atmosfera terrestre nell'altezza e nella forma. Pure ci rimane ancora di chiarire un punto curioso, cioè di risalire, se è possibile, alle cause dell'esistenza di tale invoglio, respirazione della Terra intiera.

Nello studiare i tre stati dei corpi come dipendenti dalla quantità di calorico ch'essi possedono, Lavoisier giunse a stabilire dati notevolissimi su questo problema. Lo studio del calorico, ei dice, getta molta luce sul modo della loro formazione, sull'origine delle cose, sull'atmosfera dei pianeti e specialmente su quella della Terra. Comprendesi che quest'ultima debb' essere il risultato e la mescolanza, in primo luogo di tutte le sostanze atte ad evaporarsi o meglio a rimanere nello stato aeriforme, nel grado di temperatura in cui viviamo e ad una pressione uguale a quella dell' aria, secondariamente di tutte le sostanze che possono dissolversi in siffatta mescolanza di diversi gas.

Per formare le nostre idee in proposito, consideriamo per poco ciò che avverrebbe delle varie sostanze che compongono il globo, se la temperatura fosse ad un tratto cambiata. Supponiamo per esempio, che la Terra si trovasse trasportata d'improvviso in una regione molto più calda del sistema solare, appunto nella regione di Mercurio dove il calore solito è probabilmente superiore a quello dell'acqua bollente: tosto l'acqua e gli altri liquidi terrestri, perfino il mercurio, entrerebbero in ebullizione, si trasformerebbero in fluidi aeriformi, che diverrebbero parte dell'atmosfera. Queste arie di nuova specie si mischierebbero con quelle già esistenti e ne risulterebbero nuove combinazioni, finchè, soddisfatte le varie affinità, i principî componenti questi diversi gas giungerebbero ad uno stato di riposo. Ma anche tale evaporazione avrebbe de' limiti col graduale aumento della quantità dei fluidi, accrescendosi il loro peso; la nuova atmosfera toccherebbe tal grado di pesantezza, che l'acqua cesserebbe di bollire e resterebbe allo stato liquido. D'altro canto le pietre, i sali e le sostanze fusibili che compongono il globo si rammollirebbero, comincierebbero a fondersi e formerebbero dei liquidi.

Per un effetto contrario, se la Terra si trovasse posta di repente in freddissime regioni, l'acqua che oggi forma i fiumi ed i mari, probabilmente il maggior numero dei liquidi che conosciamo si trasformerebbero in solide montagne, in roccie dapprima diafane, omogenee e bianche come il cristallo di rocca, ma che mischiandosi con sostanze di natura diversa formerebbero in seguito pietre opache veramente colorate. Ciò supposto, l'aria, o quanto meno parte delle sostanze aeriformi che la compongono, cesserebbero d' esistere allo stato di vapori elastici, per mancanza di calore sufficiente e ne risulterebbero nuovi liquidi che neppure sapremmo figurarci.

Queste due supposizioni estreme dimostrano chiaramente: 1.° che *solidi, liquidi, gas* sono tre stati diversi della stessa materia, tre modificazioni particolari, dalle quali possono passare successivamente quasi tutte le sostanze e che dipendono soltanto dal grado di calore cui esse sono esposte; 2.° che la nostra atmosfera è un aggregato di tutti i fluidi atti ad esistere in uno stato di vapore e di elasticità costante al medio grado di calore e di pressione che noi proviamo; 3.° che non sarebbe impossibile incontrare nell'atmosfera sostanze estremamente compatte, perfino de' metalli; per esempio, una sostanza metallica che fosse un po' più volatile del mercurio sarebbe in questo caso.

« È noto, aggiunge l'illustre ed infelice chimico, che certi liquidi sono, al pari dell' acqua e dell' alcool, atti a mescolarsi a vicenda in tutte le proporzioni; gli altri, all'opposto, come il mercurio, l'acqua e l'olio non possono contrarre che aderenze momentanee; separansi quando sono stati mescolati e si dispongono in ragione del loro peso specifico. Lo stesso deve accadere nell'atmosfera; è probabile si siano formati in origine e si formino ogni giorno dei gas difficilmente mescolabili coll'aria e che se ne separano; se questi gas sono più leggieri, debbono adunarsi nelle regioni elevate e formarvi degli strati galleggianti nell'aria. I fenomeni che accompagnano le meteore ignee m'inducono a credere esista nella parte alta dell'atmosfera uno strato d' un fluido infiammabile, e sia al contatto di questi due strati d'aria che avvengono i fenomeni dell'aurora boreale e delle altre meteore ignee. »

Vedesi che l'illustre chimico francese aveva preceduto i nostri dotti contemporanei nell'idea dell'esistenza di un'atmosfera superiore. Osservisi ora che, a norma di queste condizioni di temperatura, l' origine dell'atmosfera deve essere cercata nei periodi primitivi, nei quali il globo, ancora incandescente e liquido, coprivasi lentamente di un sottile strato solido e sviluppava alla superficie una innumerevole quantità di gas e di vapori in continua guerra fra loro. L'acqua, combinazione d'ossigeno ed idrogeno, ebbe nascimento in tale gigantesco e primordiale laboratorio. L'aria, miscela d'ossigeno e d'azoto, non deve aver raggiunto l'attuale composizione se non dopo mille cambiamenti.

Chi mai potrebbe descrivere le tumultuose battaglie allora avvenute sul globo tra i primitivi elementi? Chi mai potrebbe narrare a quali conflagrazioni spaventose andiam oggi debitori dell' acqua pura dei ruscelli, dell'aria, dell'azzurro del cielo? Giunti assai tardi su questo antico globo, ci è difficile il risalire all' origine sua misteriosa, alle strane trasformazioni del mondo antidiluviano.

Le pioggie calde sui metalli incandescenti avranno decomposti e formato molti corpi. Così, come scrisse A. M. Ampère in una teoria cosmogonica che completa quella di Laplace, troviamo oggi nell'atmosfera stessa un gran monumento degli sconvolgimenti prodotti sul globo dalla decomposizione de' corpi ossigenati dai metalli: è l'immensa quantità d'azoto che costituisce la maggior parte dell'involucro aereo. Poco naturale è il supporre che questo azoto non sia stato primitivamente combinato, e tutto induce a far credere ch' esso lo fosse coll' ossigeno sotto la forma d'acido nitroso o nitrico. Per ciò occorrevagli una quantità d' ossigeno otto o dieci volte maggiore della rimasta; dove sarà andato quell'ossigeno? Secondo ogni apparenza avrà servito all'ossidazione di sostanze già metalliche ed oggi convertite in allumina, calce, ossido di ferro, di manganese, ecc.

Osservazione importantissima: il *fuoco* primitivo della Terra, quello del Sole e delle stelle, è dovuto all'idrogeno combinato coll'ossigeno. Ora è questa stessa combinazione che forma l'*acqua*. Il fuoco e l'acqua sono costituiti della medesima sostanza! I mari attuali traggono la loro origine dalle fiamme della Terra antidiluviana.

In una certa epoca (fig. 6) vi sarebbe dunque stata precipitazione d'acido nitrico, scioglimento de' metalli e sviluppo di gas nitrosi, il tutto accompagnato da un'effervescenza e da un'altezza di temperatura formidabili, che avrebbero trasformato l'atmosfera in un mare bollente, saturo di vapori corrosivi, le cui energiche reazioni avrebbero prodotto una miscela indescrivibile. Il predominio del sale marino lascia supporre che fra i gas entranti nella composizione di questi vapori primitivi, il cloro non fosse il meno abbondante. Ampère suppone che dopo un nuovo raffreddamento, formatosi un altro mare, questo più non ricoperse tutta la superficie solida; che varie isole apparvero al disopra delle acque, e che la superficie del globo fu circondata da un involucro come il nostro, formato di fluidi elastici permanenti, ma in proporzioni probabilmente assai diverse. In tali epoche remote, quest'involucro conteneva molto più acido carbonico che non oggi. Esso non era atto alla respirazione animale, mentre favoriva assai la vegetazione. Epperò la Terra si coperse di piante che trovavano nell'aria ricca di carbonio un nutrimento abbondante e fecondo; ne risultava uno sviluppo molto più considerevole, favorito inoltre da un alto grado di temperatura. È da quel tempo che data il carbon fossile, immenso deposito di vegetali carbonizzati.

L'assorbimento e la distruzione continua dell'acido carbonico effettuati dai vegetabili rendevano l'aria ognora più somigliante alla sua composizione attuale. Tuttavia l'involucro gasoso non era atto peranco a conservare la vita degli animali, che respirano l'aria direttamente. Si fu infatti nell'acqua che apparvero i primi esseri appartenenti al regno animale: i raggiati e i molluschi. La prima popolazione dei mari fu unicamente composta d'invertebrati; poi vennero i pesci e più tardi i rettili marini. Dopo i pesci, dopo i sauriani, feroci e mostruosi, ven-

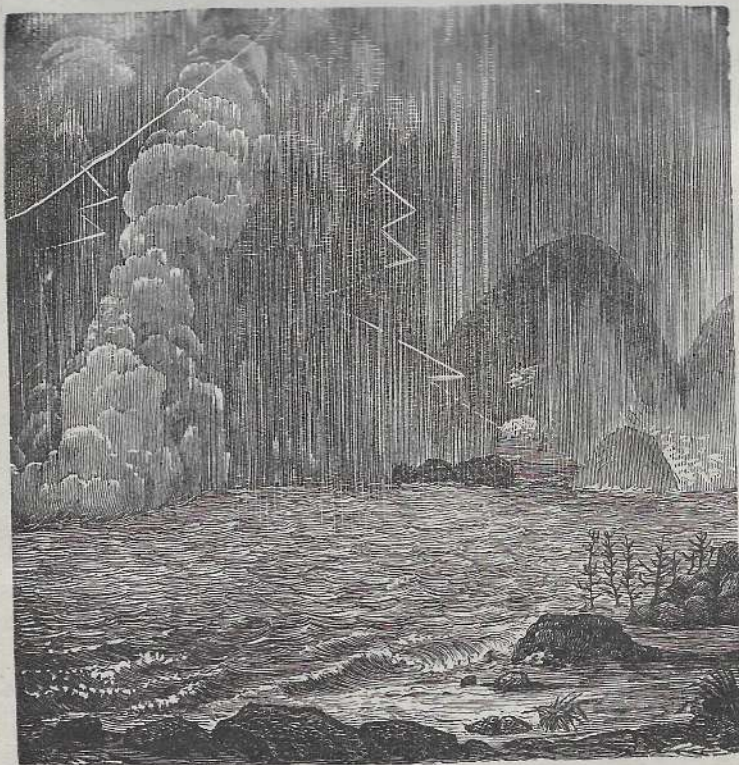



Fig. 6. — Formazione dell'atmosfera.

nero i mammiferi; l'atmosfera si costituì a poco a poco ne' suoi elementi chimici e fisici che oggi la distinguono, ed i più perfetti organismi dominarono il globo, la cui conquista oggi appartiene alla specie umana... Il vento che muggiva in quelle foreste antidiluviane, i fulmini che scoppiavano, gli splendori dei crepuscoli, i profumi delle piante selvatiche ed i solitarî panorami de' grandi paesaggi allora non avevano alcun occhio umano che li contemplasse, alcun orecchio che li udisse, alcun pensiero che li conoscesse..., ma di secolo in secolo si preparavano le condizioni dell'umana esistenza sul nostro pianeta.

CAPITOLO IV.

Peso dell'atmosfera terrestre.

IL BAROMETRO E LA PRESSIONE ATMOSFERICA.

Nell'occuparci dell'altezza dell'atmosfera, abbiamo già veduto che l'aria è più densa nelle regioni inferiori dell'oceano aereo, cioè alla superficie del suolo su cui strisciamo, che nelle regioni superiori. L'aria per quanto ci sembri leggiera, ha dunque un peso reale. Ogni metro quadrato della superficie del globo sopporta una pressione considerevole, che noi stiamo appunto per valutare e che corrisponde all'altezza ed alla densità della colonna d'aria di eguale sezione posta su di esso.

Gli antichi non conoscevano la *misura* della pressione atmosferica non bisogna però inferirne che ne ignorassero gli effetti specialmente durante i venti più forti. Ma tale violenza, cui ognuno pativa senza pensar mai a calcolarla, fu determinata soltanto verso la metà del diciassettesimo secolo.

Nel 1640 il granduca di Toscana ebbe il capriccio, allora principesco, di aver degli zampilli d'acqua sulle terrazze del suo palazzo; per cui volle farvi salir l'acqua da una valle vicina col mezzo di una pompa aspirante; ma i fontanieri di Firenze giudicarono essere assolutamente impossibile il guidar l'acqua fino all'altezza di oltre 32 piedi. Il duca scrisse all'illustre Galileo su questo bizzarro rifiuto dell'acqua di obbedire alle pompe. Torricelli, discepolo e amico di Galileo, diede la spiegazione del fatto, e dimostrò, come più innanzi vedremo, che questa colonna d'acqua di 32 piedi faceva equilibrio alla pressione dell'atmosfera presa in tutta la sua altezza.

Per un malinteso fu talvolta attribuita a Pascal la bella invenzione di Torricelli. Ecco in qual modo il filosofo francese dà conto egli stesso di questo sbaglio, esponendo quanto lo concerne: « In Parigi, avutosi sentore delle mie esperienze, le si confusero con quelle d'Italia, e, in tale confusione, taluni mi facevano un onore che non mi era devoluto, attribuendomi questa esperienza d'Italia; altri, per opposta ingiustizia, mi defraudavano di quelle che avevo fatte io. Per rendere agli altri ed a me stesso la dovuta giustizia, nel 1647 pubblicai la storia delle espe-

rienze da me fatte un anno prima in Normandia; ed affinchè più non venissero confuse con quelle d'Italia, annunciai queste a parte e per di più in carattere corsivo, mentre le mie sono in romano; nè ancora soddisfatto di tutti questi contrassegni, ho dichiarato espressamente nell'avvertimento al lettore, *che io non sono inventore di quella! che essa è stata fatta in Italia quattro anni innanzi le mie*, che anzi *è stata l'occasione di farmele intraprendere.* »

Fu dunque il rifiuto dell'acqua di inalzarsi oltre 10 metri nel corpo delle pompe che rivelò a Torricelli il peso dell'atmosfera. In primo luogo, esaminiamo per un istante il meccanismo ed il giro delle pompe.

Tutti sanno che questi semplici ed antichi apparecchî servono ad inalzare l'acqua coll'aspirazione, colla pressione o coi due effetti combinati. Di qui la loro divisione in *tromba aspirante*, *tromba premente* e *tromba aspirante e premente.* Prima di Galileo attribuivasi l'ascensione dell'acqua nelle trombe aspiranti *all'orrore della natura pel vuoto;* ma quest'ascensione è semplicemente un effetto della pressione atmosferica.

Imaginiamoci un tubo alla cui parte inferiore si trovi uno stantuffo e supponiamo sia questo nell'acqua. Se si alza lo stantuffo, il vuoto si fa sotto di esso e la pressione atmosferica, che *agisce sulla superficie del liquido,* costringe questo ad inalzarsi nel tubo ed a seguire lo stantuffo nel suo movimento. È questo semplicemente il principio della *tromba aspirante*, che componesi principalmente di un corpo di tromba ove movesi uno stantuffo, in comunicazione mediante un tubo con un serbatojo d'acqua (fig. 7). Nel punto di congiunzione fra il capo della tromba ed il tubo d'aspirazione evvi una valvola che apresi dal basso all'alto; così pure nello spessore dello stantuffo c'è un'apertura formata da analoga valvola.

Affinchè l'acqua possa giungere fino al corpo della tromba, bisogna che la valvola d'aspirazione si trovi a meno di 10 metri sopra il livello dell'acqua nel pozzo; se fosse altrimenti, l'acqua arresterebbesi in un certo punto del tubo, senza che il movimento dello stantuffo potesse farla alzare di più.

Inoltre, affinchè ad ogni ascensione dello stantuffo elevisi un volume d'acqua uguale al volume del corpo di tromba, bisogna che lo scaricatojo o sfioratore sia fatto anch'esso a meno di 10 metri al di sopra del serbatojo. Vedesi dunque che la tromba aspirante non permette di alzare l'acqua ad una altezza maggiore di 10 metri.

Ma quando l'acqua è passata oltre lo stantuffo, l'altezza cui allora si può portarla dipende soltanto dalla forza che fa muovere lo stantuffo stesso.

La tromba *aspirante e premente* (fig. 8), dopo di aver inalzato l'acqua mediante l'aspirazione, la ricaccia più lontano colla pressione.

Alla base del corpo di pompa, sull'orificio del tubo d'aspirazione, havvi un'altra valvola che apresi dal basso all'alto, poi un'altra ancora, che apresi nella stessa guisa e chiude l'apertura del tubo a gomito, che va a finire in un vaso chiamato il serbatojo d'aria. Infine da questo serbatojo parte un tubo d'ascensione destinato a portar l'acqua ad un'altezza più o meno considerevole.

La tromba *premente* non agisce che per azione meccanica, e non trae partito dalla pressione atmosferica. Differisce dalla precedente in ciò

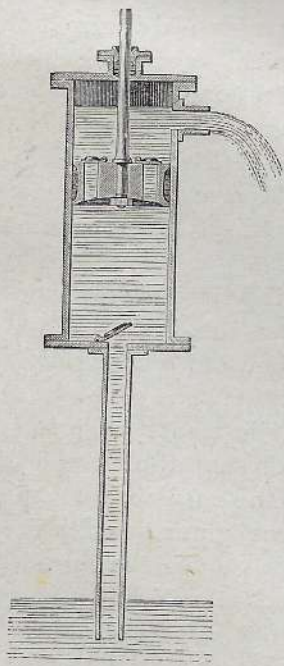



Fig. 7.
Tromba aspirante.

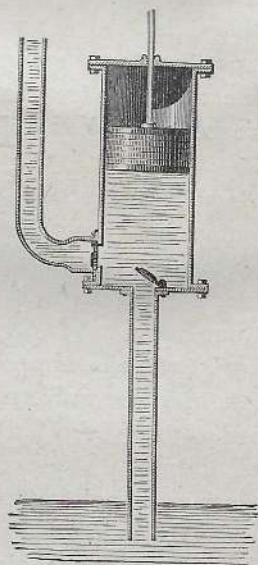



Fig. 8.
Tromba aspirante e premente.

solo che non ha tubo aspirante, mentre il suo corpo di tromba è immerso nella stess'acqua che si vuol inalzare.

Su questa elevazione dell'acqua fino ad una data altezza, il compatriota di Galileo, respingendo al pari del suo maestro qualsiasi idea di causa occulta, espose che *il peso dell'aria del serbatojo costringe l'acqua a salire nel tubo da cui si sottrae l'aria,* e ciò fino a che il peso dell'acqua inalzata nel tubo equivalga a quello che gravita sopra una sezione uguale del serbatojo. Per una semplice conseguenza di questo ragionamento, egli giunse a formare il barometro.

Per esercitare pressioni uguali, le colonne liquide debbono avere altezze che siano in ragione inversa della loro densità; dunque, un liquido che pesasse due volte più dell'acqua, farebbe equilibrio all'atmosfera con

una colonna di 16 piedi, ed il mercurio, che pesa presso a poco 13 volte e mezza più dell'acqua deve far equilibrio con una colonna uguale a 32 piedi divisi per 13, 5, ciò che dà 760 millimetri. È una conseguenza facile da verificarsi. Piglisi un tubo di vetro lungo un metro e chiuso ad un'estremità, lo si riempia di mercurio, poi, turatolo col dito (fig. 9), lo si capovolga verticalmente per immergere l'estremità in una catinella piena dello stesso liquido. Non appena staccasi il dito, il mercurio

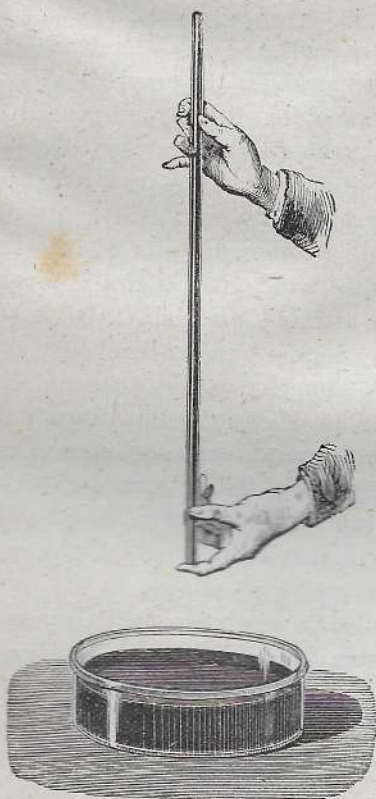



Fig. 9.
Il tubo pieno di mercurio

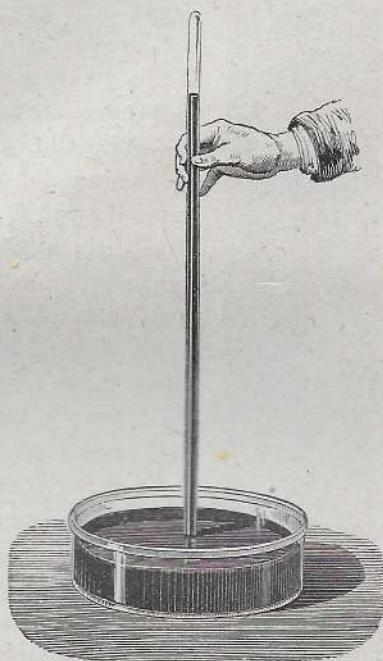



Fig. 10.
Il tubo nella catinella.

interno scende parecchî centimetri, poi si ferma (fig. 10); l'equilibrio è stabilito; la colonna liquida che resta sospesa nel tubo è una vera bilancia, giacchè il suo peso, o meglio la sua altezza, fa appunto equilibrio alla pressione atmosferica.

A questo tubo di mercurio, posto così verticalmente sopra una catinella dello stesso metallo, il dotto discepolo di Galileo diede il nome di *barometro*, cioè apparecchio indicante il peso dell'aria (dal greco *baros*, peso, e *metron*, misura).

Il barometro componesi dunque essenzialmente di un tubo di mercurio

immerso in una catinella. Vedremo più innanzi quali sono queste numerose applicazioni; qui l'importante era di definire il suo principio. Questo barometro, ridotto alla maggior semplicità, si chiama *barometro normale* (fig. 11).

L'invenzione del barometro fatta da Torricelli data dall'anno 1642. Quattro anni più tardi, nel 1646, Pascal rinnovò l'esperienza in Francia

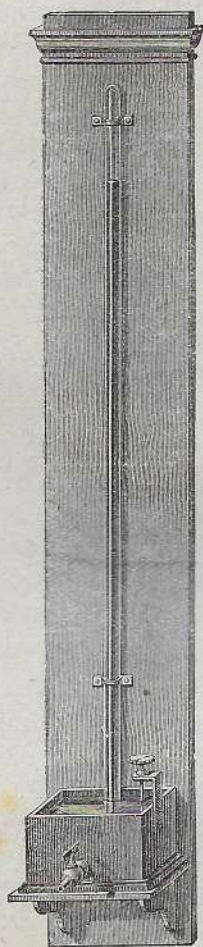



Fig. 11.
Barometro normale.

con un vero *barometro ad acqua* ed anche con un *barometro a vino*. Ciò avvenne a Rouen; il tubo era lungo 46 piedi, e per evitare la difficoltà, in quel tempo insuperabile, di toglierne l'aria direttamente, lo fece suggellare ad un'estremità, lo empì di vino e chiuse l'altra con un turacciolo. Allora, col mezzo di corde e di carrucole, il tubo fu rizzato verticalmente coll'estremità inferiore immersa in un vaso d'acqua. Nello stesso momento in cui si tolse il turacciolo che la teneva chiusa, tutta la colonna liquida si abbassò nel tubo fino a che giunse a 32 piedi sopra il livello dell'acqua del vaso. Gli altri 14 piedi di tubo erano privi d'aria. E però la colonna liquida faceva da sola equilibrio alla pressione atmosferica; ei ne conchiuse che una colonna d'acqua (o di vino della stessa densità) alta 32 piedi pesa quanto una colonna d'aria della stessa base. La superficie della terra è premuta come fosse ricoperta di uno strato d'acqua di 82 piedi d'altezza; e noi, che viviamo sul fondo dell'oceano dell'aria, sopportiamo la stessa pressione.

Se è la pressione dell'aria che cagiona l'alzamento del mercurio e dell'acqua, per chi si eleva a diverse altezze nell'atmosfera il peso della colonna di mercurio sollevata, e per conseguenza la lunghezza di questa colonna, deve diminuire gradatamente di quantità corrispondenti agli strati d'aria lasciati sotto di sè. L'esperienza fu eseguita sul Puy-de-Dôme, secondo le istruzioni di Pascal, da suo cognato Florimo Périer il 19 settembre 1648, e fu ripetuta dallo stesso Pascal sulla torre di San Giacomo a Parigi. I risultati furono decisivi, onde si ebbe, nel barometro, un mezzo facile

e sicuro di misurare il peso totale dell'atmosfera e le variazioni della pressione che essa esercita, in diversi luoghi, sulla superficie del globo

Epperò dal 1640 al 1648 fu dimostrata la pressione atmosferica mediante la costruzione del barometro e le esperienze alle quali immediatamente attesero gli scienziati.

Per una combinazione frequentissima nella storia delle scienze, mentre

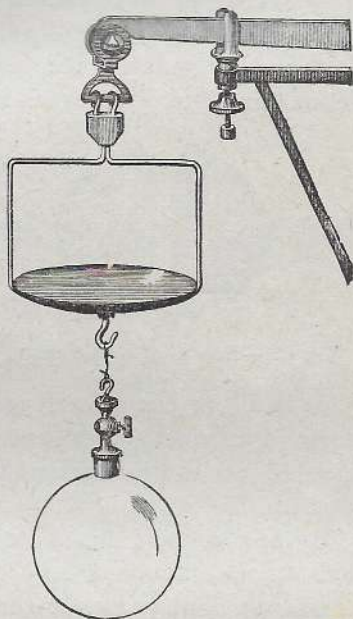
studiavasi in Italia ed in Francia le indicazioni del barometro, in Olanda taluno occupavasi di constatare precisamente il peso dell'aria, ma con un metodo affatto diverso.

Nel 1650, Otto di Guericke, borgomastro di Magdeburgo, inventa la macchina pneumatica, colla quale si può sottrarre l'aria contenuta in un recipiente e fare il *vuoto* quasi assoluto.

Lo stesso anno, l'ingegnoso inventore imagina di pesare un globo di vetro, dapprima lasciandogli l'aria che esso contiene, poi togliendola col mezzo della macchina pneumatica. Il globo vuoto (fig. 12) è trovato meno pesante che pieno d'aria, colla differenza di 1 grammo e 29 centigrammi per ogni litro di cui componesi la capacità del globo.

Aristotele già aveva sospettato che l'aria avesse peso; per accertarsene aveva pesato un otre, dapprima vuoto, poi *gonfiato* d'aria; giacchè, ei diceva, se l'aria è pesante, l'otre dev'essere più greve nel secondo caso che nel primo. Siccome l'esperienza non confermò le sue previsioni, ne conchiuse che l'aria non era pesante. Tuttavia parecchi filosofi dell'antichità ammettevano la materialità dell'aria come un fatto. Così la scuola d'Epicuro paragonava gli effetti del vento a quelli dell'acqua in moto, e considerava gli elementi dell'aria come corpi invisibili; Lucrezio ne parla distesamente. Nondimeno, durante il regno della filosofia peripatetica, si ammise che l'aria era senza peso, e solo un picciol numero di filosofi non divisero questo errore.

Fig. 12.
Esperienza di Otto di Guericke.

Più sopra abbiamo veduto come, ripetento in modo giudizioso l'esperienza d'Aristotele, Otto di Guericke abbia dimostrato il peso effettivo dell'aria. Se Aristotele trovò l'opposto, ciò dipese dal cambiamento di volume dell'otre nelle sue due prove, chè ogni corpo pesato in un fluido, perde in peso una quantità eguale al peso del fluido spostato. L'otre adoperato da Aristotele sarebbe stato più greve, pesato nel vuoto. Supponiamo che vi si insinuassero per via di soffî circa 30 decimetri cubi d'aria: il suo peso sarebbesi accresciuto di 4 grammi, ma nello stesso tempo l'otre sarebbesi gonfiato; il suo volume avrebbe aumentato di 30 decimetri cubi ed avrebbe spostato un volume d'aria d'egual peso, in modo che la sua perdita sarebbe stata parimente di 4 grammi, mentre in sostanza il suo peso risultava lo stesso; ma nell'esperienza di Otto di Guericke il vaso aveva sempre la stessa capacità,

fosse vuoto o pieno d'aria, e siccome la sua perdita in peso per l'aria spostata era la stessa nei due casi, doveasi trovare una differenza che provasse il peso dell'aria.

Otto di Guericke imaginò pure gli *Emisferi di Magdeburgo* (fig. 13), così denominati dalla città dove furono inventati, i quali consistono in due emisferi cavi di rame del diametro di 10 o 12 centimetri. Essi incastransi ermeticamente l'uno nell'altro. Un emisfero porta un rubinetto che si può fissare a vite sul piatto della macchina pneumatica, e l'altro un anello che serve d' impugnatura per afferrarlo e tirarlo. Finchè i due emisferi, posti a contatto, racchiudono fra di essi aria, separansi senza difficoltà, giacchè v'ha equilibrio tra la forza espansiva dell'aria interna e l'esterna pressione dell'atmosfera; ma, fattosi il vuoto, non si può più separarli senza considerevole sforzo. In altra delle sue esperienze il dotto borgomastro fece tirare ogni emisfero da *quattro robusti cavalli* senza giungere a separarli: il diametro era di 65 centimetri, ciò che dà la cifra di 3428 kg. per la pressione atmosferica esercitata nel senso della resistenza.

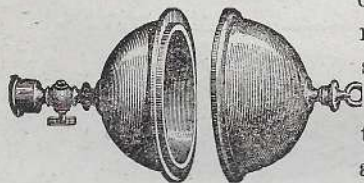



Fig. 13. — Emisferi di Magdeburgo.

La pressione dell'atmosfera sopra un centimetro quadrato di superficie è equivalente al peso di una colonna di mercurio il cui volume sia 76 centimetri, corrispondente a kg. 1,033.

È facile (e curioso) il venire a questa conclusione: la superficie del corpo d'un uomo di mezzana statura è un metro quadrato e mezzo, cioè 15 000 centimetri quadrati; per cui ciascuno di noi sopporta un peso di 15 500 chilogrammi!

Se non siamo schiacciati sotto così enorme pressione, è perchè essa non agisce unicamente nel senso della verticale; siccome l'aria ne circonda da ogni parte, la sua pressione trasmettesi sul nostro corpo in tutte le direzione e quindi si neutralizza. L' aria penetra liberamente e colla sua intera pressione nelle cavità più profonde del nostro organismo; onde noi sopportiamo dall' interno all'esterno lo stesso peso che dall'esterno all'interno, e però questi pesi si equilibrano esattamente. È ciò che si dimostra facilmente coll'esperienza del *crepavescica*.

Prendiamo un largo e basso cilindro di vetro, chiuso ermeticamente alla parte superiore da una membrana di pergamena. L'altra estremità si applica esattamente (fig. 14) sul piatto della macchina pneumatica. Non appena s'incomincia a fare il vuoto nel cilindro, la membrana si deprime sotto la pressione atmosferica che sopporta e in breve scoppia con forte detonazione cagionata dell' improvviso entrare dell'aria.

L'opposto accade se si diminuisce la pressione esterna. Se mettiamo un uccello sotto il vuoto della macchina pneumatica, lo vediamo gon-

fiarsi; dal suo corpo spiccia il sangue con violenza, e poco dopo il piccolo essere muore tutto a bozze, vittima di una specie di esplosione inversa della precedente.

Questo fatto è ancora confermato, come vedremo più innanzi, dalle ascensioni a grandi altezze. Quando si arriva alle regioni dove l'aria è notevolmente rarefatta, le membra si gonfiano ed il sangue tende a sfuggire dall'epidermide, a motivo della mancanza d'equilibrio tra la sua propria tensione a quella dell'aria esterna.

V'ha talvolta chi si diverte a contrariare la pressione atmosferica con un'esperienza semplicissima: si riempe esattamente d'acqua un bicchiere (fig. 15), indi lo si copre con un foglietto di carta; allora si può rovesciarlo senza che il liquido cada; il che vuolsi attribuire alla pressione normale dell'atmosfera esercitata sul foglio. L'ufficio della carta

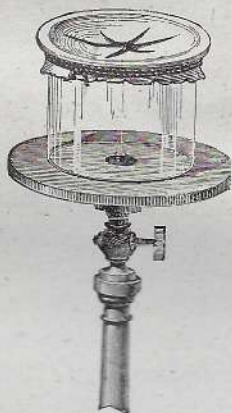



Fig. 14. — Pressione atmosferica. Rottura d'equilibrio.

Fig. 15. — Pressione atmosferica sotto un bicchiere rovesciato.

è d'impedire il movimento individuale alle molecole liquide, le quali senza di essa obbedirebbero separatamente all'azione del peso, mentre l'aria introdurrebbesi nel bicchiere. Nondimeno se l'apertura fosse piccola abbastanza, l'aderenza del liquido contro le pareti produrrebbe lo stesso effetto ed il foglio diventerebbe inutile. Egli è così, per esempio che quantunque si pratichi una piccola apertura, il tubo chiamato pipetta, che mantiene dentro di sè il vino finchè il dito ci sta sopra, funziona per lo stesso principio.

Più su abbiamo detto che, dove si fa il vuoto, la pressione dell'aria atmosferica è di circa kg. 1,033 ogni centimetro quadrato. È siffatta pressione che conserva aderente il lepade alla roccia, quando per effetto della contrazione questo mollusco ha fatto il vuoto sotto il guscio. Un altro esempio ci è fornito dalla mosca, che aspira l'aria e resta appiccicata alla soffitta. Le ventose applicate sui membri non agiscono che

per lo stesso principio, e ad ogni passo l'osservazione può offrire un fatto organico fondato sugli effetti della pressione atmosferica.

Tali sono i fatti generali e le esperienze che hanno dimostrato la realtà del peso dell'aria ed il suo valore numerico, e che hanno dato origine all'istrumento destinato alla misura permanente di questo peso, ossia al barometro. Ora importa di applicare tali nozioni all'estensione dell'atmosfera, che già abbiamo tentato di valutare nel precedente capitolo.

Nel fondo dell'oceano aereo la pressione sostiene in media la colonna barometrica all'altezza di 760 millimetri, qualunque sia il diametro del tubo.

Alcune esperienze, replicate più volte dai migliori fisici, e delle quali si è constatata la piena esattezza, hanno provato che il peso dell'aria alla temperatura di 0°, e sotto la pressione di 760 millimetri, sta al peso di un egual volume di mercurio nel rapporto dell'unità a 10,509; e cioè che per es.: 10 509 millimetri cubi d'aria pesano quanto un millimetro cubo di mercurio: ne viene che bisogna alzarsi a 10 509 millimetri, ossia 10 metri e mezzo, affinchè il mercurio si abbassi di 1 millimetro nel tubo del barometro. Se la densità degli strati d'aria fosse dappertutto la stessa, potrebbesi facilmente dedurre dal risultato precedente non solo l'altezza d'un luogo qualunque nel quale sarebbe stato osservato il barometro, ma anche l'altezza totale dell'atmosfera. È chiaro infatti che se l'abbassamento di 1 millimetro nell'altezza del barometro corrispondesse ad uno spostamento verticale di m. 10,509, un abbassamento di 760 millimetri, che è l'altezza totale del barometro, dovrebbe corrispondere a 760 volte m. 10,509, ovvero a m. 7986.

Sarebbe questa l'altezza dell'atmosfera, se la sua densità fosse sempre la stessa a qualunque distanza; ma abbiamo veduto che i suoi strati inferiori sono più densi dei superiori. Ne risulta che per far scendere d'un millimetro il mercurio del barometro bisognerà percorrere in altezza uno spazio che tanto meglio oltrepasserà i metri 10,509, quanto più l'osservatore si troverà in uno strato d'aria più rarefatto, ossia più lontano dal livello del mare o del suolo.

Halley per primo ha tentato di trovare una formola che permettesse di ottenere le altezze colle osservazioni barometriche.

Abbiamo veduto nel precedente capitolo essersi riconosciuto, in seguito agli studî di Mariotte, che l'aria si comprime in proporzione ai pesi de' quali è carica od alla pressione cui vien sottoposta. Con un calcolo semplicissimo se ne conchiude, che se uno inalzasi verticalmente nell'atmosfera ad altezze successive crescenti in progressione aritmetica, la densità degli strati d'aria corrispondenti diminuirebbe in progressione geometrica. Ora siccome queste densità sono proporzionali alle altezze del mercurio nel barometro, ne risulta che la dif-

ferenza di livello di due stazioni sarà proporzionale alla differenza dei logaritmi delle altezze del barometro.

Questa progressione sarebbe vera se la temperatura fosse dovunque la stessa, ed il calcolo delle altezze non sarebbe gran fatto più complicato che ammettendo una densità costante; ma la temperatura dell'aria diminuisce man mano che si va in alto: epperò la legge della variazione delle densità non è tanto semplice, poichè gli strati superiori sono più condensati dal freddo che non gli inferiori. La variazione della temperatura coll'altezza è piuttosto complessa, come vedremo più innanzi, ciò che rende complicata la misura barometrica di cui ora ci occupiamo.

Gli strati atmosferici poi contengono sempre una certa quantità di vapore acquoso, il cui peso aggiungesi irregolarmente a quello dell'aria supposta secca.

Inoltre un corpo qualunque, e per conseguenza uno strato d'aria, più è lontano dal centro della Terra e meno pesa. Aggiungasi che variando il peso dei corpi colla latitudine, a cagione della forza centrifuga prodotta dal moto di rotazione diurna, è evidente che per poter adoperare indistintamente una formola sul calcolo delle osservazioni fatte nei diversi punti del globo, è indispensabile contenga la latitudine del luogo dell'osservazione come elemento variabile.

Nella *Meccanica celeste* Laplace ha presentato le correzioni alle quali danno luogo queste varie cause nelle misure delle altezze, ed ha così dedotto dalla sola teorica una formola, la cui esattezza è stata constatata da gran numero di esperienze. In pratica abbreviansi i calcoli richiesti dalla formola di Laplace e si fa uso di tavole, tra le quali la più comoda è quella pubblicata ogni anno dall'*Annuaire du Bureau des longitudes*.

Per ottenere l'altezza d'una montagna, due persone munite di istrumenti comparati fanno nello stesso istante, l'una sulla vetta, l'altra alle falde, l'osservazione dell'altezza del barometro; esse pigliansi puranco la cura d'osservare i termometri che sono incastonati nell'intelajatura di questi istrumenti e quelli che sono destinati ad indicare la temperatura dell'aria libera. A rigore, due osservazioni congiunte bastano, ma quando lo si può è ben fatto moltiplicare le determinazioni, perchè allora si aumentano le probabilità di compenso degli errori.

Un osservatore isolato e munito di buoni istrumenti può anche determinare con sufficiente esattezza la differenza del livello di due stazioni poco discoste, se ha cura di osservare il termometro ed il barometro nella stazione inferiore nel momento della partenza ed al ritorno. Il confronto di queste osservazioni gli dà infatti il movimento orario dei due istrumenti.

Allorchè con lunga sequela di osservazioni si è giunti a determinare le altezze medie del barometro e del termometro in un luogo qualunque, si può adoperarle a calcolare l'elevazione assoluta di questo luogo, pi-

gliando per osservazioni corrispondenti le altezze medie del barometro e del termometro al livello dell'oceano.

Abbiamo veduto che al livello del mare ed alla temperatura di 0° bisogna inalzarsi 10 metri e mezzo per veder abbassarsi di 1 millimetro il mercurio. Non possiamo aggiungere che alzandoci a 21 metri il mercurio abbasserebbesi 2 mm., nè supporre che osserveremmo una diminuzione barometrica di 1 mm. ogni 10 metri circa di ascensione. All'incontro, la diminuzione della pesantezza atmosferica non tarda a diventare rapidissima. Sonsi fatte oggi molte osservazioni barometriche a diverse altezze, per cui possiamo rappresentarci esattamente questa decrescenza, non più teoricamente, ma coll'osservazione diretta.

Se pigliamo una serie d'osservazioni fatte a diverse altezze, formiamo la piccola tavola seguente, ben inteso considerate queste altezze alla temperatura di 0°:

	Altitudine	Altezza del barom.
Al livello del mare	0	760
Altezza media all'Osservatorio di Parigi	65	756
Altezza media a Strasburgo (Herreinschneider)	144	751
Altezza media all'Osservatorio di Tolosa (Piccolo)	147	746
Dijon, Costa d'Oro (A. Perrey)	245	742
Osservatorio di Ginevra (Plantamour)	408	726
A Rodez, Aveyron (Blondeau)	630	709
Sommità del Vesuvio (Palmieri)	1200	660
Guatemala, America (R. P. Canudas)	1480	641
A Guanaxuato (Humboldt)	2084	600
All'ospizio del Gran San Bernardo	2478	563
Sulla vetta del Faulhorn (Bravais)	2674	555
Città di Quito (Fouqué)	2908	534
Vetta dell'Etna (Elia di Beaumont)	3320	510
In parecchie ascensioni aereonautiche (Flammarion)	4000	475
Vetta del Monte Bianco (C. Martins)	4800	424
Sul Chimborazo (Humboldt e Bonpland)	6100	360
Vetta dell'Ibi-Gamin, la più alta montagna che sia stata salita (Schlagintweit)	6704	340
In un'ascensione aereonautica (Gay-Lussac)	7000	325
In un'ascensione aereonautica (Bixio e Barral)	7000	320
In parecchie ascensioni (Glaisher)	8000	274
Nella maggior ascensione (Glaisher)	11000	165

Questa serie soddisfacente d'osservazioni barometriche che possiamo stabilire per effetto delle numerose ascensioni fatte, sia in pallone, sia sulle montagne, e degli studî di parecchî osservatori in luoghi abitati e molto superiori al livello del mare, ci permette del pari di rappresentare con una curva od una tinta questa sì rapida decrescenza del peso dell'asmosfera. Nella figura 16 la linea orizzontale che forma la base rappresenta lo stato del barometro al livello del mare (760 mm.).

Ogni linea orizzontale riproduce l'altezza relativa del barometro secondo l'elevazione, essa pure rappresentata dalla verticale. Vedesi dalla tinta che a 2600 metri la pressione è già diminuita di un quarto, a 5500 della metà ed a 9500 di tre quarti.

L'altezza del barometro diminuisce dunque rapidamente mano mano che uno allontanasi dal livello del mare. Ma essa non è sempre costante

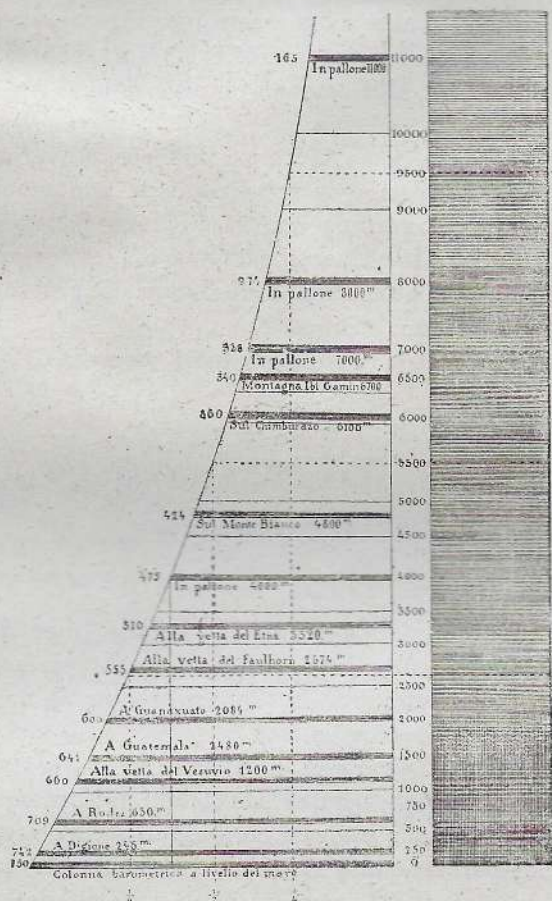



Fig. 16. — Diagramma della rapida decrescenza della pressione atmosferica secondo l'altezza.

sulla intera superficie del globo al livello del mare, mentre è più bassa all'equatore che sotto i tropici. Da una parte e dall'altra dell'equatore dove, corretta dal peso, è di 758 mm., essa elevasi fino al 33° grado di latitudine, ove segna 766 mm., poi decresce fino al 43° grado (762 mm,), verso il quale rimane stazionaria fino al 48°. In seguito essa continua a decrescere fino al 64° grado, ove è scesa a 753 mm, Infine risale alle ultime latitudini osservate allo Spitzberg, 75° grado.

dove l'altezza del barometro è di 786 mm. Dunque fra la pressione al 33° grado e quella al 64° contansi 12 mill. di differenza.

Epperò riassumo le osservazioni e traccio la curva seguente (fig. 17), dietro gli appunti di Humboldt, di sir John Herschel, del capitano Beechey, Poggendorf ed Erman. Ogni millimetro del barometro è rappresentato di 1 mm. d'elevazione sulle ordinate, tracciate ad ogni 5 gradi di latitudine. L'irregolarità della curva dipende dall'insufficienza delle osservazioni. In realtà debb'essere di più corretto disegno.

Tali variazioni nella pressione atmosferica vorrebbonsi probabilmente attribuire agli alisei ed alle correnti superiori che leggermente sollevano l'intera massa atmosferica.

È facile comprendere come la latitudine possa aver influenza sulla pressione dell'aria, dappoichè le condizioni di temperatura, di peso e di movimento rotatorio variano con essa. Meno facilmente ci riesce di spiegare quella della latitudine, e tuttavia c'è. Ad uguale latitudine, la pressione media dell'atmosfera è di 3 mm., 5 più forte nell'oceano Atlantico che nell'oceano Pacifico.

L'altezza del barometro cambia ad ogni momento. Più, esaminando

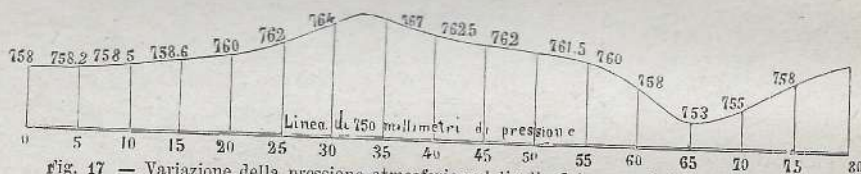



Fig. 17 — Variazione della pressione atmosferica al livello del mare, dall'equatore al polo.

le altezze medie si può formare una carta delle linee di uguale pressione media o *isobare* sulla superficie del nostro pianeta. È appunto il lavoro intrapreso in Francia dal signor Renou, il nostro dotto collega della Società meteorologica.

La carta delle linee isobare in Francia (fig. 18) è stata fatta dietro un certo numero di serie eseguite con buoni istrumenti a note altitudini. Questi punti vi sono indicati colle altezze barometriche ridotte al livello del mare: per fare tale riduzione, l'autore si è valso delle temperature quali risultano dal tracciato degli isotermi della Francia. Egli ha tenuto conto di tutte le correzioni di differenza del peso in latitudine e altezza; siccome trattasi ovunque di altipiani, la correzione è stata ridotta a $^5/_8$ di quella che corrisponderebbe ad altezze in pallone, secondo i calcoli di Poisson

Questo lavoro è analogo a quello compiuto da A. di Humboldt, cinquant'anni sono, per la distribuzione della temperatura alla superficie del globo.

Le linee di uguale pressione o *isobare* sono distribuite piuttosto regolarmente quando si va da N. a S.; esse dirigonsi da O. S. O. a E. N. E.

La linea isobara di 761 mm. passa dal mezzodì dell'Inghilterra e dei Paesi Bassi; quella di mm. 762,50 presso Tours e Nancy; ma il centro della Francia offre una linea di pressione massima assai considerevole; la linea isobara di 763 mm. attraversa diagonalmente la Francia passando vicino a Strasburgo, Chaumont, Dijon, Clermont e Tolosa; dall'altra parte, verso S. E., la pressione diminuisce e raggiunge un *mi-*

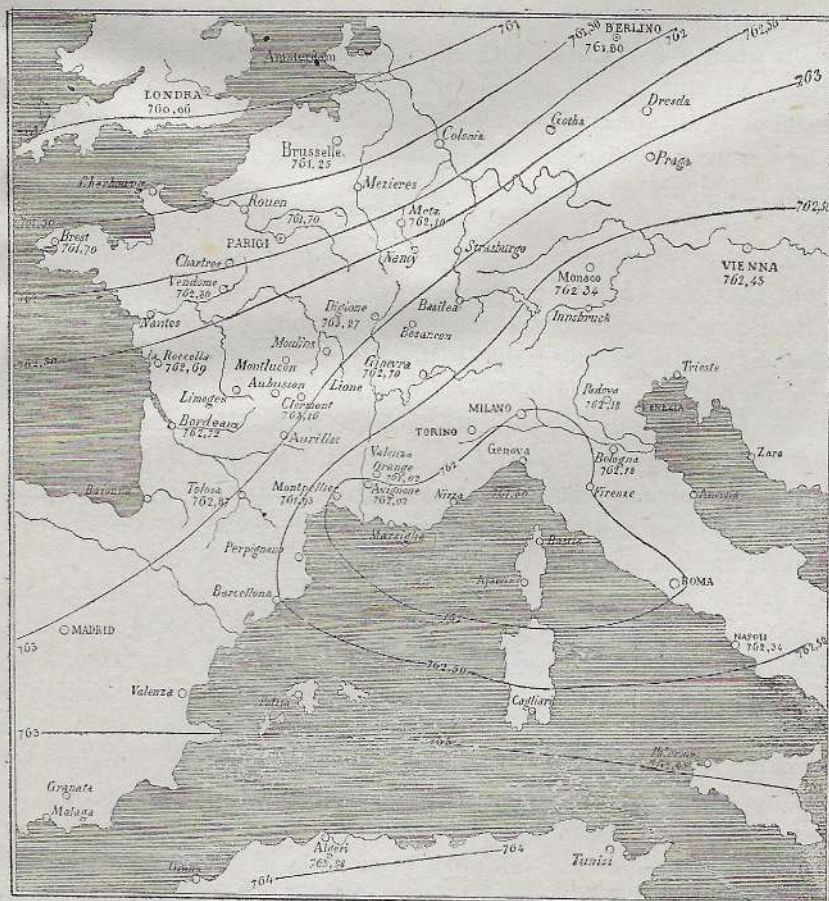



Fig. 18 — Carta delle linee isobare della Francia, compilata da M E. Renou

nimum non meno notevole sul golfo di Genova, ove la pressione si riduce a mm. 761,50 circa.

La curva di 762 mm. è chiusa, ed il suo tracciato è abbastanza conosciuto, a motivo di numerosi punti ove sonosi fatte buone osservazioni. L'isobara di 764 mm., che passa vicinissimo ad Orano ed un poco più lungi da Algeri, si prolunga necessariamente nell'O. quasi parallela alla precedente.

Sull'Atlantico trovasi un massimo di pressione a 35° di latitudine N. ed un minimo di pressione verso l'Islanda; incontrasi un minimo di pressione a 5° al N. dell'equatore, un massimo di pressione considerevole a 16° di latitudine S. verso Sant' Elena, poi il minimo principale del mondo al S. del capo Horn; la pressione non vi oltrepassa 745 mm.

Sul continente asiatico la distribuzione è assolutamente diversa e la Siberia offre un massimo di 768 mm. circa fra Nercinsk e Barnaoul.

La principale difficoltà, nel calcolo delle altitudini, è di conoscere il livello medio del mare. Alla superficie dei mari l'equilibrio non è assoluto; il loro livello subisce l'influenza di molte cause; la forza centrifuga della zona equatoriale, i venti, la pressione barometrica e le temperature; aggiungasi la configurazione delle coste che dà all'azione dei venti ed a quella della marea un effetto diverso. Ognuno sa che il mare sale più presto che non discenda; quando i golfi sono ristretti, quest' effetto è più pronunciato; lungo le coste, il mare dev'essere più alto che ad una certa distanza.

Il livello del mare a Marsiglia è 80 cm. più basso del livello medio dell'Oceano; sulle nostre coste il Mediterraneo dev'essere un piano inclinato che si abbassa dallo Stretto di Gibilterra fino alle coste di Siria. L'ultima livellazione effettuatasi in Egitto, dal Mediterraneo al mar Rosso, ha provato che questo è più alto del primo. È assai facile di comprendere come questi mari, ricevendo una quantità d'acqua minore di quella che lasciano evaporare, devono tendere ad abbassarsi, chè non sono alimentati che dagli stretti che li uniscono all'Oceano.

Tale primo quadro generale del peso dell'aria e della sua pressione sulla superficie sferica del globo deve fermarsi a queste nozioni. Potrebbesi dire che è una statica; presto verremo alla dinamica. L'atmosfera co' suoi spostamenti parziali, orizzontali, verticali ed obliqui è in continuo moto sulla superficie del globo. Ne risulta che il peso dell'aria in un certo luogo, o altezza del barometro, varia sempre. Il calore solare dà origine a *variazioni diurne* ed a *variazioni mensuali* regolari, la cui intensità differisce secondo le latitudini. Lo spostamento delle grandi correnti cagiona estese variazioni su vasta scala. Il cambiamento di tempo si annunzia con questi fluttuamenti, collegati alla pressione generale.

Siffatte variazioni nella pressione barometrica saranno presentate ed analizzate più innanzi, nell'esposizione dello stato attuale delle deduzioni della scienza, relative al grande problema pratico dei pronostici del tempo.

A proposito del peso dell'atmosfera non possiamo però chiudere il capitolo senza indicare il peso numerico stesso.

Sotto il titolo: *Quanto pesa l' intera massa di tutta l'aria del mondo*, Pascal ha scritto, nel momento in cui dedicavasi alle sue celebri esperienze sulla pressione atmosferica, un piccolo lavoro semplice e pur cu-

rlosissimo, primo abbozzo di quanto è stato composto dipoi in argomento, e che contiene da bel principio la risposta assoluta alla domanda da noi sottolineata.

Apprendiamo da tali esperienze, egli scrive, che l'aria sul livello del mare pesa quanto l'acqua all'altezza di 31 piedi e 12 pollici; ma perchè l'aria pesa meno sui luoghi più elevati e quindi non pesa egualmente su tutti i punti della Terra, non si può stabilire una linea fissa che indichi quanta aria graviti su tutti i luoghi del globo; ma si può prenderne una per congettura, vicina assai all'esattezza. E però, ad esempio, si può calcolare che tutti i luoghi della Terra in generale, considerati come ugualmente coperti d'aria, su per giù ne sono premuti appunto come se portassero 34 piedi d'acqua; ed è certo che in tale supposizione non v'ha l'errore di mezzo piede d'acqua.

Ora abbiamo veduto che l'aria posta più in su delle montagne alte 500 tese pesa quanto l'acqua all'altezza di 26 piedi e 11 pollici. Per conseguenza, tutta l'aria che stendesi dal livello del mare fino alla cima delle montagne alte 500 tese pesa presso a poco la settima parte dell'altezza intiera.

Da ciò vediamo del pari che se tutta la sfera dell'aria fosse compressa contro la Terra con una forza che, spingendola dall'alto, la riducesse ad occupare il minor posto possibile o che la riducesse come in acqua, essa avrebbe allora soltanto l'altezza di 31 piedi. Si può considerare tutta la massa dell'aria così come se fosse stata rarefatta e dilatata estremamente, e convertita in quello stato in cui la chiamiamo aria, nel quale invero essa occupa maggior posto, ma conserva precisamente lo stesso peso.

E siccome non vi sarebbe nulla di più facile del calcolare quante libbre peserebbe l'acqua che circondasse tutta la Terra, ed un ragazzo potrebbe farlo, troverebbesi, collo stesso mezzo, quanto pesa tutta l'aria della natura, poichè è la stessa cosa; e se se ne fa la prova, si troverà ch'essa pesa presso a poco otto milioni di milioni di libbre.

Ho voluto cavarmi il capriccio, e ne ho fatto il computo così. Moltiplicando il diametro della Terra per la circonferenza del suo cerchio massimo, si trova che essa ha in tutta la sua superficie sferica 16 495 200 leghe quadrate.

cioè: 103 095 000 000 000 di tese quadrate;

quindi: 3 711 420 000 000 000 di piedi quadrati.

E siccome un piede cubo d'acqua pesa 72 libbre, ne segue che un prisma d'acqua di un piede quadrato di base e di 31 piedi di altezza pesa 2232 libbre.

Dunque, se la Terra fosse coperta d'acqua fino all'altezza di 31 piedi, vi sarebbero altrettanti prismi d'acqua alti 31 piedi quanti sono i piedi quadrati di tutta la sua superficie.

Epperò essa porterebbe tante volte 2232 libbre d'acqua quanti sono i piedi quadrati di tutta la sua superficie.

Questa intera massa d'acqua peserebbe 8 283 889 440 000 000 000 di libbre. E tutta l'aria del mondo ha appunto questo peso, cioè otto milioni di milioni di milioni duecentottantatremilaottocentottantanove milioni di milioni, quattrocentoquarantamila milioni di libbre.

Questo curioso calcolo di Pascal non è essenzialmente modificato dalle attuali misure. Possiamo ottenere lo stesso risultato procedendo in altro modo.

La pressione atmosferica è di 1 kg. 33 g., ogni centimetro qua-

drato, o di 103 kg. per decimetro quadrato, o di 10 330 kg. al metro quadrato.

Una superficie di 10 metri quadrati, che sopporta un peso d'aria cento volte maggiore del precedente, rappresenta kg. 1 033 000. Una superficie di 100 metri quadrati ne sopporta 103 300 000: ed una superficie di 1000 metri quadrati, 10 330 000 000: 10 miliardi e 330 milioni di chilogrammi d'aria.

Ora la superficie totale del globo è di circa 510 milioni di chilometri quadrati. Moltiplicando il numero precedente per 510 milioni si ottiene l'immenso peso di 5 quintilioni e 268 quadrilioni di chilogrammi. A motivo degli altipiani che s'inalzano sensibilmente sopra il livello del mare, dobbiamo ammettere 5 quintilioni (Pascal non aveva trovato che 4 quintilioni). È il peso reale di tutta l'atmosfera terrestre.

Essendo il peso della Terra 5 875 000 quintilioni di chilogrammi, vedesi che il peso dell'atmosfera è presso a poco la milionesima parte del peso del pianeta, o più esattamente la mille e cento millesima parte.

Se tutta questa massa d'aria fosse agglomerata in una sola palla, peserebbe quanto una palla di rame massiccia di quasi 100 chilometri di diametro o di 75 leghe di circonferenza!

Vedesi che il peso dell'aria è tutt'altro che insignificante, e più innanzi ci spiegheremo facilmente le terribili devastazioni del vento e degli uragani dei quali dovremo intrattenerci.

CAPITOLO V.

Composizione chimica dell'aria.

La scoperta della composizione chimica dell'aria è dovuta dalla scienza al gran chimico francese Lavoisier.

Risaliamo direttamente alla ricerca di questo laborioso osservatore, ed udiamo dalla di lui bocca il risultato de' suoi curiosi studî.

La nostra atmosfera, egli osserva, debb'essere costituita dalla riunione di tutte le sostanze suscettibili di rimanere nello stato aeriforme al grado abituale di temperatura e pressione che noi proviamo. Questi fluidi formano una massa di specie quasi omogenea, dalla superficie della Terra fino alla maggior altezza a cui si è giunti, e la densità della quale decresce in ragione inversa del peso che essa sopporta: ma non è impossibile che questo primo strato sia ricoperto di uno o di parecchî altri fluidi diversissimi.

Qual è il numero e qual è la specie dei fluidi elastici che compongono questo strato inferiore che noi abitiamo?

Dopo di avere stabilito che la chimica offre due metodi essenziali per lo studio dei corpi, cioè l'analisi e la sintesi, Lavoisier descrive come segue la sua famosa esperienza della prima analisi dell'aria:

Ho preso un matraccio (fig. 19) di circa 36 pollici cubi di capacità, con un lunghissimo collo grosso internamente da 1 a 7 linee. L'ho curvato come lo si vede rappresentato (fig. 20), in modo che potesse essere posto sopra un fornello (*M*), mentre l'estremità (*e*) del suo collo entrasse sotto la campana (*G*), collocata nel bagno di mercurio. Ho versato nel matraccio 4 oncie di mercurio purissimo, poi, succhiando con un sifone introdotto sotto la campana, ho inalzato il mercurio fino ad *L*; ho segnato accuratamente quest'altezza con una striscia di carta incollata ed ho osservato con esattezza il barometro ed il termometro.

Così disposte le cose, ho acceso il fuoco nel fornello e ve l'ho mantenuto quasi continuamente per dodici giorni, in modo che il mercurio fosse riscaldato fino al grado necessario per farlo bollire.

Durante il primo giorno non avvenne nulla di notevole: il mercurio, quantunque non bollente, era in uno stato di *evaporazione* continua, tappezzava l'interno dei vasi di goccioline dapprima minutissime, che in seguito andavano aumentando, e che, quando avevano raggiunto un certo volume, ricadevano da sè stesse in fondo al vaso e si riunivano al resto del mercurio. Il secondo giorno ho cominciato a veder nuotare alla superficie del metallo alcune piccole particelle rosse, le quali

in quattro o cinque giorni sono aumentate di numero e di volume, dopo di che hanno cessato d'ingrossare e sono rimaste assolutamente nello stesso stato. Dopo dodici giorni, vedendo che la calcinazione del mercurio non faceva più alcun progresso, ho spento il fuoco ed ho lasciato raffreddare i vasi. Il volume d'aria contenuto tanto nel matraccio quanto nel suo collo e sotto la parte vuota della campana era, prima dell'evaporazione, di circa 50 pollici cubi. Compiutasi l'evaporazione, questo stesso volume, a pressione ed a temperatura uguali non si è più trovato che fra i 42 ed i 43 pollici; c'era stata per conseguenza la diminuzione di volume di circa un sesto. Per un'altra parte, radunate colla massima cura le particelle rosse formatesi, e separatele per quanto era possibile dal mercurio scorrevole di cui erano bagnate, si è trovato che pesavano 45 grani.

L'aria che restava dopo quest'operazione e che era stata ridotta ai cinque sesti del suo volume, per effetto della calcinazione del mercurio, non era più confacente nè alla respirazione, nè alla combustione; poichè gli animali che vi si introducevano vi perivano in pochi istanti, e i lumi si spegnevano tosto come se si fossero immersi nell'acqua.

In appresso, pigliati i 45 grani di materia rossa che eransi formati durante l'evaporazione, li ho introdotti in una picciolissima storta di vetro cui era unito un apparecchio atto a ricevere i prodotti liquidi ed aeriformi che potessero separarsi; acceso il fuoco nel fornello, ho osservato che, mano mano riscaldavasi la materia rossa, il suo colore facevasi più intenso. Quando poi la storta divenne quasi incandescente, la materia rossa incominciò a poco a poco a scemare di volume, e in pochi minuti disparve intieramente; nello stesso tempo condensaronsi nel piccolo recipiente 41 grani e mezzo di mercurio liquido, e passarono sotto la campana da 7 a 9 pollici cubi d'un fluido elastico molto più atto dell'aria e dell'atmosfera a mantenere la combustione e la respirazione degli animali.

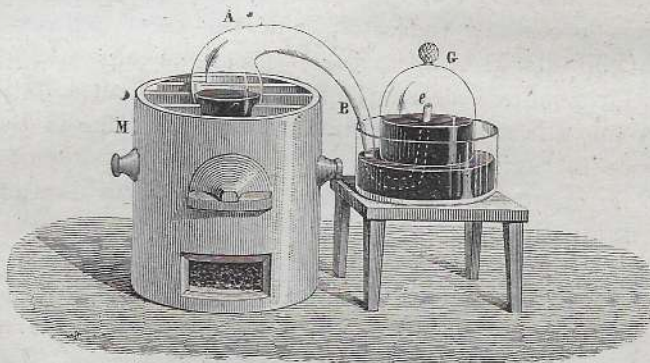



Fig. 19. — Il matraccio.

Fig. 20. — L'apparecchio.

Fatta passare una parte di quest'aria in un tubo di vetro del diametro d'un pollice, ed introdottavi una candela, quest'ultima vi spandeva una luce abbagliante; il carbone, invece di consumarsi tranquillamente come nell'aria comune, vi bruciava con fiamma e crepitando, a mo' del fosforo, e con sì vivida luce che gli occhi nol sapevano tollerare. Quest'aria, che Priestley, Scheele ed io abbiamo scoperto quasi contemporaneamente, è stata chiamata dal primo aria deflogistica, dal secondo aria empirea. A prima giunta io le avevo dato il nome di *aria eminentemente respirabile;* in appresso si è sostituito quello di *aria vitale.*

Riflettendo sui particolari di quest'esperienza, vedesi che il mercurio, calcinandosi,

Fig. 21. — Lavoisier analizza l'aria atmosferica.

assorbe la parte salubre e respirabile dell'aria, o, per parlare più esattamente, la base di questa parte respirabile; chè la porzione d'aria che rimane è una specie di mofetta non atta a mantenere nè la combustione nè la respirazione; l'aria del l'atmosfera è dunque composta di due fluidi elastici di natura diversa e per così dire opposta.

La prova di tale importante verità è che, ricombinando i due fluidi elastici così ottenuti separatamente, cioè di 42 pollici cubi di mofetta od aria non respirabile e gli 8 pollici cubi d'aria respirabile, ricostituiscesi un'aria simile in tutto a quella dell'atmosfera, e atta, presso a poco nello stesso grado, alla combustione, alla cal cinazione dei metalli e alla respirazione degli animali.

Più innanzi, nel parlare delle denominazioni da darsi alle sostanze scoperte, Lavoisier aggiunge:

Siccome la temperatura del nostro pianeta è vicinissima al grado in cui l'acqua passa dallo stato liquido allo stato solido e viceversa, e siccome questo fenomeno ripetesi di frequente sotto i nostri occhi, non è sorprendente che in tutte le lingue, almeno nei climi dove provasi una specie d'inverno, siasi dato un nome all'acqua divenuta solida per l'assenza del calorico.

Noi non abbiamo ritenuto ci fosse lecito di cambiar dei nomi accettati e con sacrati nella società da antica consuetudine, onde, alle parole *acqua* e *ghiaccio* abbiamo attribuito il loro significato volgare; così pure abbiamo espresso colla parola *aria* la collezione dei fluidi elastici che compongono la nostra atmosfera.

Dal greco principalmente abbiamo tolto i vocaboli nuovi, facendo in modo che la loro etimologia riconducesse l'idea delle cose che ci proponevamo d'indicare; ci siamo studiati specialmente di non ammettere che parole brevi e, per quanto era possibile, atte a cambiarsi in aggettivi ed in verbi.

Secondo queste norme abbiamo conservato il nome di *gas*, usato da Van Helmont, comprendendo sotto tale denominazione la numerosa lista dei fluidi elastici aeriformi

L'aria dell'atmosfera è precisamente composta di due fluidi aeriformi o gas; l'uno respirabile, atto a conservare la vita degli animali, nel quale i metalli si calcinano ed i corpi combustibili possono bruciare; l'altro con proprietà assolutamente opposte, che non può mantenere la combustione, ecc. Alla base della porzione respirabile dell'aria demmo il nome di *Ossigeno*, facendolo derivare dalle due parole greche *oxys*, acido, *geinomai*, genero, poichè infatti altra delle proprietà più comuni di questa base è di formare degli acidi combinandosi colla maggior parte delle sostanze. Chiameremo dunque Ossigeno la riunione di questa base col calorico. Il suo peso in tale stato e, con sufficiente esattezza, un mezzo grano di marco ogni pollice cubo ed un'oncia e mezza al piede cubo, il tutto alla temperatura di 10° ed a 28 pollici del barometro.

Non essendo peranco ben note le proprietà chimiche della parte non respirabile dell'aria dell'atmosfera, ci siamo accontentati di dedurre il nome della sua base dalla proprietà di questo gas di privare della vita gli animali che lo respirano, per cui lo abbiamo denominato *Azoto*, dalla *a* privativa de' Greci, e da *zaô, vivo;* così la parte non respirabile dell'aria sarà il gas azotico. Il suo peso è di un'oncia. 2 grossi e 48 grani al piede cubo *o*, o di grani 0,4444 al pollice cubo (1).

La natura dell'aria era dunque precisamente determinata da queste esperienze che datano dal 1777. La vera sua composizione però fu conosciuta completamente solo nel nostro secolo.

(1) *Opere di Lavoisier*. Edizione del ministero, tomo primo.

La prima analisi esatta dell'aria risale appena a cinquant'anni fa e devesi a Gay-Lussac e Humboldt, che l'eseguirono coll' idrogeno mediante l'*eudiometro* (fig. 22).

Quando operasi la combustione di una miscela di volumi eguali d'aria e d'idrogeno puro, nell'eudiometro a mercurio tutto l'ossigeno scompare sotto forma d'acqua che si condensa in rugiada, il cui volume può trascurarsi, e rimane una miscela formata dall'azoto e dall'eccesso d' idrogeno adoperato; ora l' idrogeno fa scomparire, allo stato d'acqua, un volume d'ossigeno uguale alla metà del proprio. Ne viene che il volume dell'ossigeno contenuto nell'aria misurata è uguale al terzo del volume scomparso. Se la misura dell'aria, dell' idrogeno, poi dei gas dopo l'esplosione, è ottenuta alla stessa pressione ed alla stessa temperatura; se, inoltre, i gas sono stati saturati d' umidità prima della esplosione, le determinazioni fatte non comportano alcuna correzione. Su questo principio è fondato il metodo.

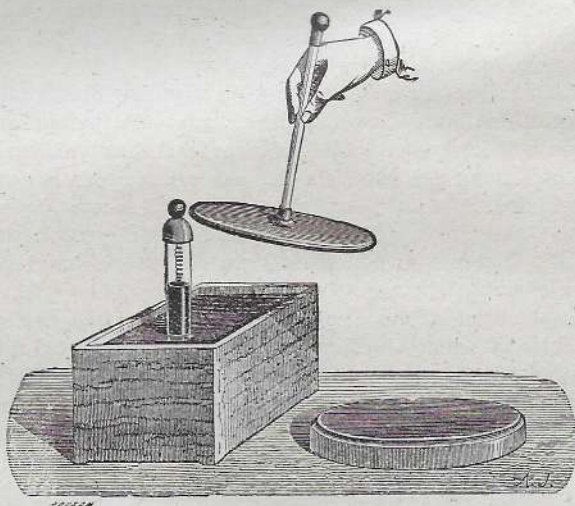



Fig. 22. — Eudiometro a mercurio per l'analisi dell'aria.

Gay-Lussac e Humboldt trovarono in volume 21 per 100 d'ossigeno e 79 d'azoto. Quest'analisi è stata poi ripetuta da quasi tutti i chimici, allo scopo di studiare le modificazioni che la vita degli animali e dei vegetabili può portare nella composizione dell'aria, e di conoscer meglio tutte le sostanze che vi si trovano frammischiate.

Altro metodo imaginarono i signori Dumas e Boussingault. Esso permette di *pesare* le quantità relative d'ossigeno e d'azoto contenute nell'aria atmosferica, ciò che fornisce risultati molto più esatti che non la misura dei volumi, sempre piccolissimi, dei gas adoperati negli altri metodi. L'apparecchio del quale si fa uso (fig. 23) componesi: 1.° di un

tubo che attinge l'aria di fuori della stanza dove si fa l'esperimento; 2.° di un apparecchio a boccie di Liebig (L) contenente una soluzione concentrata di potassa caustica; 3.° di un tubo (f) a forma di parecchi u, pieno di frammenti di potassa caustica; 4.° di un secondo apparecchio a boccie (O), contenente acido solforico concentrato; 5.° di un secondo tubo (t) della stessa forma del precedente, pieno di pietra pomice imbevuta d'acido solforico concentrato; 6° di un tubo diritto (T) di vetro refrattario; questo tubo è pieno di limature di rame, e posa sopra un lungo fornello di latta, in modo da poter essere riscaldato quanto è lungo; inoltre alle estremità porta due robinetti r e r' che permettono di operarvi il vuoto; 7.° infine, di un pallone di vetro B della capacità di 10 a 15 litri, ed il cui collo è munito del rubinetto R. Preparato il tutto, si fa il vuoto meglio che sia possibile nel tubo T; si chiudono

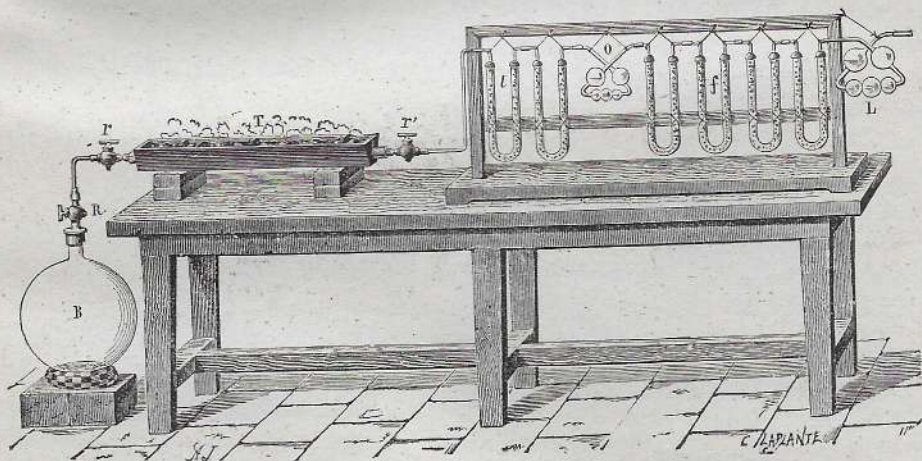



Fig. 23. — Apparecchio per l'analisi dell'aria col metodo delle pesate.

robinetti r e r', poi si pesa il tubo vuoto d'aria; indi si fa il vuoto nel pallone B, da pesarsi egualmente.

Si dispone allora l'apparecchio nell'ordine dianzi descritto, e scaldasi a rosso il tubo T. Apronsi poi successivamente i rubinetti r e r' del tubo ed il rubinetto R del pallone. L'aria entra nel tubo aspiratore di destra, attraversa prima l'apparecchio a boccie ed i tubi f, ove spogliasi dell'acido carbonico; indi passa nel secondo apparecchio a boccie e nei tubi, ove abbandona all'acido solforico tutto il vapore acquoso, e l'aria giunge al tubo T, che contiene il rame riscaldato a rosso; allora essa abbandona l'ossigeno al metallo e precipitasi nel pallone vuoto allo stato di azoto puro.

L'aumento di peso subìto da questo tubo dà evidentemente il peso dell'ossigeno che si è fermato sul rame; la differenza fra il peso del pallone vuoto e quello del pallone pieno di azoto rappresenta colla estrema

precisione il peso di questo gas. E però, mediante siffatta analisi, Dumas e Boussingault hanno constatato che 100 parti d'aria contengono:

Ossigeno,	23 in peso	20,8 in volume.
Azoto,	77 »	79,2 »

La differenza che osservasi fra il rapporto dei volumi e il rapporto dei pesi da ciò dipende, che a volume uguale l'ossigeno pesa un po' di più dell'azoto.

Onde sono questi i due elementi fondamentali della costituzione chimica dell'aria. Ma sono in essa altri elementi in molto minor quantità, ed in primo luogo contasi l'acido carbonico ed il vapore acqueo.

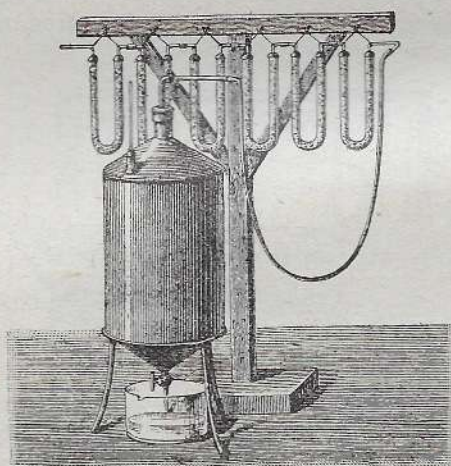



Fig. 24. — Apparecchio per pesare l'acido carbonico dell'aria.

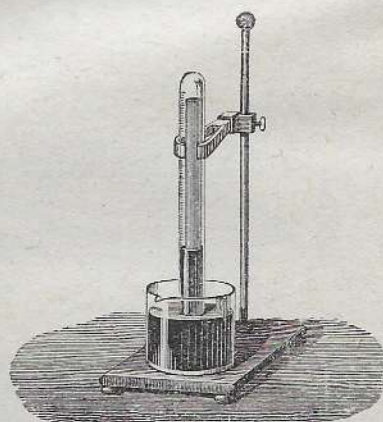



Fig. 25. Apparecchio per separare l'ossigeno dall'azoto.

Determinasi la loro quantità coll'apparecchio del signor Boussingault (fig. 24). Un vaso di latta è pieno d'acqua e vuotasi mediante il robinetto situato nella parte inferiore. L'acqua che ne esce è mano mano surrogata dall'aria esterna, la quale più non può giungere al serbatojo se non dopo aver attraversati sei tubi ricurvi. I due primi tubi sono ripieni di pietra pomice imbevuta d'acido solforico, e l'aria, passandovi sopra, vi lascia la propria umidità. I due tubi centrali sono pieni di una soluzione concentrata di potassa, che a sua volta pigliasi l'acido carbonico. De' due ultimi tubi, contenenti pietra pomice imbevuta d'acido solforico, il penultimo è destinato a ritirare l'umidità presa dall'aria alla potassa, e l'ultimo ad impedire all'umidità di rifare il cammino dell'aspiratore nei tubi. Se pesansi prima e dopo l'esperienza la serie de' tubi analizzatori, ottiensi il peso dell' *acqua* ed il peso dell' *acido carbonico* contenuti in un volume d'aria uguale al volume del serbatojo

L'atmosfera contiene circa 4 diecimillesimi del suo volume di acido carbonico.

Si può anche fare l'analisi dell'aria, e separare l'ossigeno dall'azoto con un processo semplicissimo.

In un tubo graduato contenente un certo volume d'aria, misurato sull'acqua e sul mercurio, introducasi un lungo bastoncino di fosforo (fig. 25). Comunemente, scorse 6 o 7 ore, l'ossigeno è assorbito, e si può ritirare il bastoncino di fosforo e misurare il gas che rimane, cioè l'azoto. L'assorbimento è ritenuto completo (chè l'apparecchio deve stare nell'oscurità) quando non vedasi più luce alcuna alla superficie del bastoncino di fosforo.

Si può determinare il rapido assorbimento dell'ossigeno operato dal fosforo, riscaldando il gas in una campanella ricurva in cui siasi introdotto un pezzetto di fosforo: riscaldasi il fosforo colla fiamma ad alcool; esso accendesi, e quando la fiamma ha percorso tutta la parte occupata dal gas, l'esperienza è compiuta. Allorchè tutto è freddo si fa il travaso in un tubo graduato e si misura il volume dell'azoto; la differenza dal volume primitivo dà quello dell'ossigeno.

L'ossigeno e l'azoto sino a qualche anno fa erano ritenuti due *gas permanenti*, cioè tali che in nessun modo si riusciva a far perdere loro la forma gasosa. Il primo, l'ossigeno, è l'agente solito nelle combustioni, avvengano nei camini o nel secreto de' nostri organi. Il secondo, all'opposto, è il moderatore del primo.

L'acido carbonico, che esiste in quantità variabili secondo i tempi ed i luoghi, ma sempre debolissimo, potè essere liquefatto sotto una forte pressione; col concorso d'un freddo intensissimo, potè perfino essere solidificato. Offre allora l'aspetto d'una neve leggiera e assai compressibile, il cui contatto colla pelle produce l'effetto d'una scottatura: l'epidermide alterasi tanto con un freddo così intenso quanto col calore. Nelle dosi minime in cui trovasi generalmente nell'aria, l'acido carbonico è senza inconvenienti; in dosi maggiori, nuoce alla respirazione e cagiona financo l'asfissia.

Le emanazioni, le fonti abbondanti di gas acido carbonico incontransi di frequente nelle regioni vulcaniche.

Allorquando il signor Boussingault esplorò i crateri dell'Equatore, gli fu indicata una località ove gli animali non potevano stare impunemente, il Tunguravilla, situato a poca distanza dal vulcano di Tunguragua e che il chimico visitò nel dicembre 1831. « I nostri cavalli, ei dice nella sua relazione, tosto indicarono che ci avvicinavamo: non obbedivano più allo sprone, alzavano la testa a scosse e nel modo più fastidioso pel cavaliere. La terra era disseminata di uccelli morti, fra i quali vedevasi un magnifico gallo di montagna, che le nostre guide tosto raccolsero. Erano pure tra gli asfissiati parecchi rettili, moltissime

farfalle. La caccia fu buona, nè la selvaggina parve troppo frolla. Un vecchio indiano Quichua che ci accompagnava, assicurava che quando volevasi dormire a lungo e pacificamente, bisognava prepararsi il letto sul Tunguravilla. »

Questa emanazione deleterica è fatta manifesta dalla sterilità di cui è colpito il suolo sopra l'estensione di alcune centinaja di metri quadrati: era specialmente intensissima sovra un punto ove vedevansi abbattuti alcuni alti alberi disseccati e quasi sepolti nella terra vegetale, fatto che prova come quelle piante fossero cresciute dove caddero in seguito all'eruzione del gas acido carbonico. Questo gas, come quello che incontrasi parimente in diverse regioni del globo, è più o meno commisto ad aria, secondo la distanza a cui è preso sopra il suolo.

L'acido carbonico esercita un'azione diretta e deleterica sui nervi e sul cavallo, d'onde gli effetti anestesiaci che può produrre e che tutti i viaggiatori hanno potuto constatare in una grotta divenuta celebre appunto per questo carattere, e cioè nella grotta del Cane (fig. 26) a Pozzuoli presso Napoli.

Il custode ha un cane a cui lega le zampe per impedirgli di fuggire e ch'egli depone in mezzo alla grotta. L'animale manifesta una viva ansietà, si dibatte e in breve pare moribondo; il suo padrone allora lo porta fuori all'aria aperta ed a poco a poco l'animale rinviene. Uno di questi cani ha durato in simile servizio per più di tre anni. È probabile che le convulsioni delle pizie incaricate di far conoscere i decreti degli dèi, fossero prodotte dai sacerdoti col mezzo dello stesso gas.

Questa grotta è situata sul pendìo d'una piccola e fertilissima montagna, in faccia ed a poca distanza dal lago d'Agnano. L'ingresso è chiuso da una porta di cui ha la chiave apposito custode. La grotta ha l'apparenza e la forma di piccola capanna, le pareti e la vòlta della quale sarebbero rozzamente scolpite nel masso. È larga circa un metro, lunga tre metri e alta uno e mezzo. Sarebbe difficile l'asserire dal suo aspetto se è l'opera dell'uomo o della natura. Il suolo è terroso, umido, nero, talvolta bruciante. Esso è in certo modo bagnato da una nebbia bianchiccia nella quale scorgonsi delle bollicine. Tal nube è formata dall'acido carbonico colorito da un po' di vapore acquoso. Lo strato di gas è alto da venti a sessanta centimetri. Essa dunque rappresenta un piano inclinato la cui maggiore altezza corrisponde alla parte più profonda della grotta. È questa una conseguenza puramente fisica della disposizione del suolo. Siccome l'area della grotta è presso a poco allo stesso livello dell'apertura esterna, il gas trova uno sfogo fuori della soglia della porta e scorre come un rivo lungo il sentiero della montagna. Si può seguire la corrente fino ad una distanza piuttosto grande. Quando il tempo è tranquillo, la fiamma di una candela si spegne a più di due metri esteriormente sotto l'entrata.

Un cane muore nella grotta in tre minuti, un gatto in quattro, i conigli in settantacinque secondi. Un uomo vi perisce in meno di dieci minuti quando è disteso orizzontalmente su quel suolo funebre. Narrasi che l'imperatore Tiberio vi fece incatenare due schiavi, che morirono tosto, e che Pietro da Toledo, vicerè di Napoli, vi fece rinchiudere due condannati, che ebbero la stessa sorte.

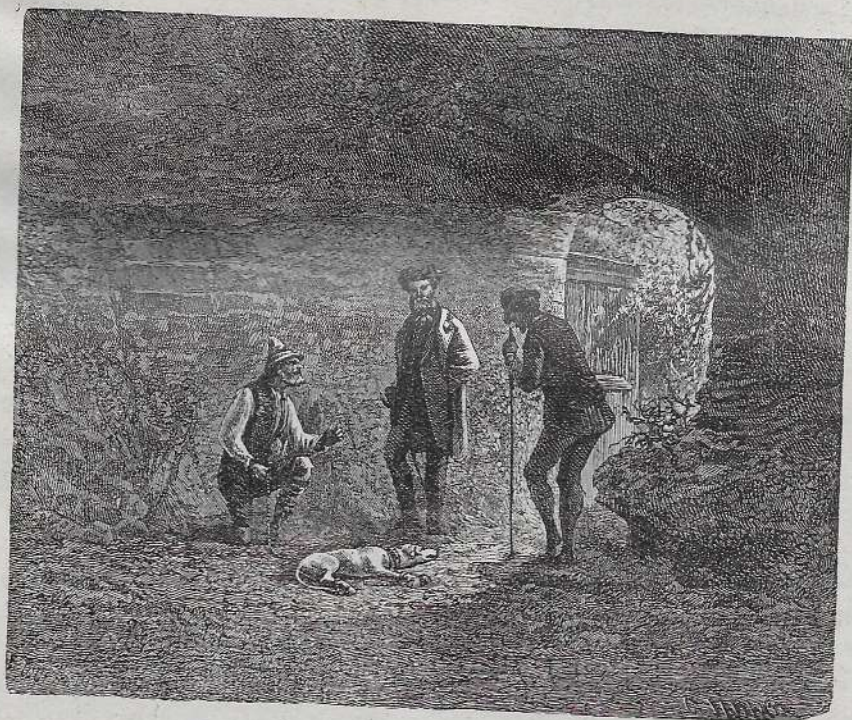



Fig. 26. — La grotta del cane.

Due analisi dell'aria di tale grotta, raccolte in due diverse epoche hanno dato in volume (C. Deville e F. Le Blanc):

Acido carbonico	67,1	73,6
Ossigeno	6,5	5,3
Azoto	26,4	21,1
	100,0	100,0

Per altro non occorre andar tanto lungi per trovare questo predominio dell'acido carbonico. Vicino a Parigi, presso Montrouge e ne' dintorni, sonvi cave abbondanti e perfino delle cantine che in certi tempi si ricoprono di questo gas mefitico.

Sulle rive del lago di Laach, vicino al Reno, e presso Aigueperse, nell'Alvernia, sonvi due fonti d'acido carbonico sì abbondanti che al

l'aperta campagna cagionano talvolta degli inconvenienti. Il gas esce da piccoli avvallamenti del suolo, sugli orli de' quali bellissima è la vegetazione; gli insetti, gli animaletti attirati dalla ricchezza della verzura ci vanno per trovarvi un riparo e cadono asfissiati: i loro cadaveri attirano gli uccelli, che parimenti vi periscono; finalmente giungono pastori delle vicinanze, e costoro , conoscendo il pericolo, tenendosi a debita distanza, ritirano quegli animali e fanno così, senza veruna spesa, una caccia spesso fruttuosa. Da alcuni anni la fonte d'Aigueperse è quasi interamente esausta.

Nel medio evo gl' inconvenienti cagionati da questo gas nelle cantine, nelle miniere e perfino nei pozzi avevano dato origine alle favole più stravaganti. Pretendevasi che siffatti luoghi fossero frequentati da demoni, da gnomi o da genî, custodi de' tesori sotterrati, il solo sguardo de' quali cagionava la morte; poichè inutilmente cercavansi lesioni, piaghe, un segno qualsiasi sugli sventurati colpiti in modo così improvviso.

Oltre l'ossigeno, l'azoto e l'acido carbonico, l'aria contiene un certo numero di altre sostanze in quantità più deboli e variabilissime.

La più importante è il *vapore acquoso*, del quale già abbiamo parlato a proposito del metodo d'analisi atto a determinarlo. In ogni tempo ed in ogni luogo l'aria contiene una indeterminata proporzione di vapore acquoso sciolto, in istato invisibile; in certe condizioni di abbondanza e di temperatura, che più innanzi analizzeremo, esso costituisce le nebbie e le nubi.

Questa quantità di vapore acquoso è variabile, secondo le stagioni, la temperatura, l'altitudine, la situazione geografica, ecc. Ad una stessa temperatura e ad una stessa pressione, la quantità massima tenuta in dissoluzione nell'aria è invariabile. Lo stato igrometrico dell' aria, per una determinata temperatura, altro non è che il rapporto fra la quantità d'umidità esistente realmente nell'aria e quella che vi esisterebbe se l'aria fosse satura a questa stessa temperatura.

I milioni di metri cubi di vapore acquoso, che trasportati nell'aria formano le nubi e le pioggie, costituiscono l'elemento più importante dell'atmosfera, dal punto di vista della circolazione della vita. E però, più innanzi, l'*acqua* sarà oggetto di studi speciali affatto in questo libro sull'*aria*.

Si è potuto determinare la quantità di calorico impiegata ad evaporare le acque sulla superficie del globo. L'evaporazione che annualmente producesi può essere rappresentata dal volume d' acqua meteorica che cade dall'atmosfera durante lo stesso spazio di tempo. Ora, raggruppando i risultati delle osservazioni fatte a diverse latitudini e nei due emisferi ritiensi di dover determinare tal volume colla cifra di 703 435 chilometri cubi! equivalenti ad uno strato d'acqua dello spessore di m. 1,379 che coprisse la Terra. La quantità di calore così sottratta basterebbe,

secondo il signor Daubré, a liquefare uno strato di ghiaccio di m. 10,70 di spessore, che circondasse tutto il globo.

Dai calcoli di Dalton risulta che l'atmosfera contiene circa 0,0142 parti del proprio peso d'acqua; gli strati superiori ne sono quasi totalmente privi.

Quali sono le altre sostanze che l'atmosfera racchiude nel suo seno? Essa contiene indubitatamente piccole quantità d'ammoniaca, in parte allo stato di carbonato d'ammoniaca, in parte fors'anche allo stato di azotato o d'azotito d'ammoniaca. L'origine di questa ammoniaca vuolsi al certo attribuire specialmente alla decomposizione delle materie vegetali ed animali; e la sua presenza nell'aria ha un'importanza affatto particolare dal punto di vista dei fenomeni della vegetazione e della statistica chimica delle piante. Parecchî chimici si sono occupati di determinarne la esatta proporzione. Pare però non superi alcuni milionesimi del volume d'aria.

La quantità d'ammoniaca trovata nelle acque è, in peso:

Nelle acque pluviali	0,0000008
Nelle acque dei fiumi	0,0000002
Nelle acque delle fonti	0,0000001

Si sono riscontrati nelle acque del mare da 2 a 5 decimi di milligrammo d'ammoniaca ogni litro. È questa senza dubbio una debole proporzione; ma se si riflette che l'oceano ricopre più di tre quarti del globo, e se si considerano le sue masse, è lecito ritenerlo un serbatojo immenso di sali ammoniacali, ove l'atmosfera può riparare alle perdite cui è continuamente sottoposta.

I fiumi poi portano al mare prodigiosa quantità di materie ammoniacali. Così, per citar un esempio, il Reno, a Lauterburgo, versa, nelle condizionali normali, 1100 metri cubi ogni secondo. Un litro di quest'acqua contiene almeno 17 centomillesimi d'ammoniaca. Ne risulta che in 24 ore il Reno, passando dinanzi a Lauterburgo, trascina nelle sue acque non meno di 16 245 chilogrammi d'ammoniaca, cioè certamente più di 6 milioni di chilogrammi all'anno!

L'atmosfera — di continuo ricostituita ne' suoi principî attualmente invariabili dall'immenso lavorìo dei viventi che, al pari di altrettanti soffietti chimici, agiscono senza tregua nel fondo dell'oceano aereo — è il teatro di modificazioni chimiche accidentali, che hanno la parte loro nell'organamento generale. Noi vediamo sprigionarsi dal suolo vapori acquosi, effluvî d'acido carbonico, quasi sempre senza mistura di azoto; gas idrogeno solforato, vapori solforosi, più di rado vapori d'acido solforoso o d'acido idroclorico, infine gas idrogeno carbonato, del quale molti popoli, da migliaja d'anni in qua, servonsi per l'illuminazione ed il riscaldamento.

Tra tutte queste emanazioni gaseiformi, le più numerose e più abbondanti sono quelle d'acido carbonico. Nelle epoche anteriori, il calore più forte del globo ed il numero considerevole delle interruzioni che le roccie ignee non avevano ancora colmato, favorirono potentemente queste emissioni; grandi quantità di vapori d'acqua calda e di questo gas mischiaronsi al fluido aereo e produssero l'esuberante vegetazione cui andiamo debitori del carbon fossile, fonte quasi inesauribile di forza fisica per le nazioni. L'enorme quantità d'acido carbonico, la cui combinazione colla calce ha prodotto le roccie calcari, uscì allora dal seno del globo, sotto l'influenza predominante delle forze vulcaniche. Quanto le terre alcaline non poterono assorbire si sparse nell'aria ove i vegetabili dell'antico mondo attinsero continuamente. L'introduzione del carbonato d'ammoniaca nell'aria è probabilmente anteriore alla comparsa della vita organica sulla superficie del globo.

Oltre i vapori ammoniacali, l'atmosfera contiene traccie non insignificanti d'acido *azotico* e d'acido *azotoso*. Parecchî osservatori hanno del pari dimostrato, specialmente nelle città grandi, la presenza di poca quantità di un *principio idrogenato* e probabilmente carbonato. Il signor Boussingault, pel primo, con accuratissime esperienze ha constatato nell'aria di Lione la presenza d'un gas o d'un vapore idrogenato, la cui proporzione d'idrogeno, in volume, raggiungeva al massimo 0,0001, in una parte d'aria.

L'analisi vi ha pure scoperto una quantità variabile di *jodio*.

La scomparsa completa o quasi del jodio nell'aria o nelle acque di certi paesi montagnosi sarebbe, secondo il signor Chatin, collegata all'esistenza del gozzo negli abitanti di tali paesi. Le conclusioni di questo dotto sono state generalmente accolte con una certa incredulità per parte dei chimici. Pure, se si considera che le acque pluviali raccolte nei *pluviometri* contengono sali diversi, provenienti dalla lavatura di pulviscoli sospesi nell'atmosfera, e che abilissimi chimici hanno spesso constatato la presenza del jodio nelle acque pluviali, non si avrà difficoltà a ritenere che la presenza del jodio libero o combinato può essere ammessa, se non come normale, almeno come accidentale nell'aria.

Ora siam giunti all'ultimo elemento, riconosciuto nell'atmosfera dietro studî specialissimi, e cioè all'*ozono*.

Verso il 1780, Van Marum, valendosi di potenti macchine elettriche, in un tubo pieno d'ossigeno eccitò un gran numero di scintille lunghe circa 15 centimetri. Dopo di averne fatte passare nel tubo circa 500, ei riconobbe avere il gas preso un odore fortissimo che, egli dice, « parve molto distintamente fosse l'odore della materia elettrica ». Tutti sanno infatti che, ove il fulmine cade, brucia lasciando ciò che volgarmente si chiama un odore di solfo. Van Marum riconobbe pure

che il gas, dopo l'esperienza, possedeva la proprietà di ossidare il mercurio a freddo. Sessant'anni dopo, nel 1839, il signor Schœnbein, professore a Basilea, informava l'Accademia delle Scienze di Monaco che, avendo decomposta l'acqua colle pile, era stato colpito dall' odore del gas sviluppatosi al polo positivo. Fatte alcune ricerche, conchiuse che un corpo semplice, nuovo, era stato dal suo esperimento messo in evidenza, e lo chiamò *ozono*, da *ozo* (emettere un odore). In appresso, su questo argomento, furono presentate da varî dotti molte memorie.

L'ozono è interessante dal punto di vista chimico, tanto per la sua natura quanto per le sue energiche affinità; infatti, ossida direttamente l'argento e il mercurio, almeno allorchè questi metalli sono umidi; scaccia il jodio dal joduro di potassio, e forma col metallo un ossido più ossigenato al certo della potassa; gl' idracidi gli cedono il loro idrogeno. I sali di magnesio si decompongono al suo contatto con formazione di perossido. Il cloro, il bromo, il jodio, passano col mezzo dell'ozono, allo stato d'acido clorico, bromico, jodico, semprechè sieno umidi.

Questo agente eccita i polmoni, provoca la tosse e la soffocazione, e presenta tutti i caratteri di una sostanza tossica.

Malgrado tutte le ricerche fatte sull' ozono, la sua conoscenza in quanto alla fisica ed alla chimica lascia ancor molto a desiderare; e lo si comprenderà facilmente qualora si pensi che coi mezzi più perfetti non si può trasformare che $^1/_{1300}$ di una massa d'ossigeno in ozono puro; giunta a tal punto, l'azione cessa. Come mai si può studiare un corpo sparso in altro volume di gas 1300 volte più grande? Si è pensato di aggiungere alle solite osservazioni meteorologiche osservazioni ozonoscopiche od anche ozonometriche. Fra gli sperimentatori che hanno seguìta questa via, bisogna citare i signori Schœnbein, Bérigny, Pouriau, Bœckel, Houzeau e Scoutteten.

Per le sue osservazioni, Schœnbein fa bollire una parte di joduro di potassio, 10 parti d'amido e 20 parti d'acqua, poi v' immerge della carta Joseph. Fatta asciugare la carta in luogo chiuso, la taglia poi a listerelle. Dessa inazzurrisce al contatto dell'ozono, poichè il jodio è messo in libertà e reagisce sull' amido; ma l' intensità della tinta dipende dalla quantità d' ossigeno ozonato. Per dodici ore ogni giorno esponesi all'aria libera una listerella riparata dai raggi solari e dalla pioggia, poi confrontasi la sua tinta con una scala di dieci colori dal bianco all' indaco.

Nel 1851 Marignac e De la Rive fecero numerosissime esperienze sull' ozono, e ne conchiusero che questa sostanza dev' essere semplicemente ossigeno in uno stato particolare di attività chimica determinato dall'elettricità. Berzelius e Faraday divisero l'opinione degli scienziati ginevrini; nel 1852 Fremy e Becquerel dimostrarono con nuovi esperimenti la giustezza di questa spiegazione.

I lavori di Tomaso Andrews, pubblicati nel 1855, non lasciano alcun dubbio in proposito. L' ozono, da qualunque parte scaturisca, è un solo e medesimo corpo, con identiche proprietà e colla stessa costituzione: e non è un corpo composto, ma uno stato allotropico dell' ossigeno. Tale stato allotropico vuolsi ascrivere all' azione della elettricità sull'ossigeno.

Quest'opinione, basata su belle esperienze, è stata ovunque accettata; ed oggi l'esistenza dell'ozono, così considerato, pare incontestabile.

Aggiungiamo a queste varie sostanze la presenza dell'acqua *ossigenata*, constatata dal signor Struve, direttore dell'osservatorio a Pulkowa. Nel fare analisi chimiche dell' acqua del fiume Kusa, il nostro dotto corrispondente era sorpreso di rinvenire in quest'acqua una certa quantità di nitrito d'ammoniaca, di cui non constatava l'esistenza che dopo ogni caduta di neve e di pioggia. Ma scorso alcun tempo, era impossibile di scoprire neppur la menoma traccia di questa sostanza. Il signor Struve pensò dunque che il nitrito d'ammoniaca esistesse nell'aria e fosse trascinato dalla neve o dalla pioggia. Si accinse a far delle ricerche in argomento, e si fu nell'attendere ad esse che fece l'importante scoperta dell'acqua ossigenata nell'atmosfera. Da tali ricerche risultano le seguenti conclusioni:

1.° L' acqua ossigenata formasi nell'atmosfera come l' ozono ed il nitrito d'ammoniaca, e si separa dall'aria per mezzo dei depositi atmosferici.

2.° L'ozono, l'acqua ossigenata ed il nitrito d' ammoniaca stanno sempre fra essi in intimo rapporto.

3.° Le alterazioni che fa subire l' aria atmosferica alla carta joduro-amidata sono dovute all' ozono ed all'ossigeno.

Una parola ancora, l' ultima.

Nell'assorbire nei nostri polmoni la quantità d' aria che è loro dovuta, noi respiriamo, spesso senza saperlo, eserciti di animaletti microscopici sospesi nel fluido atmosferico (fig. 27) e financo animali antidiluviani, mummie e scheletri dei tempi andati!

Parigi è quasi interamente edificato con gusci di testuggine e scheletri calcari microscopici. I gusci dei foraminosi, tra gli altri, da sè soli costituiscono catene intiere di alte colline e immensi banchi di pietra da fabbrica. La rozza pietra calcare dei dintorni di Parigi in certi punti è tanto piena di queste spoglie, che un centimetro cubo delle cave di Gentilly, cave e strati molto alti, ne contiene almeno 20 000; ciò che per ogni metro cubo dà l'enorme cifra di 20 000 000 000.

Quando passiamo vicino ad una casa in demolizione o ad un edifizio in fabbrica, e siamo avviluppati da una nube di polvere che ci penetra nella gola, spesso, senza accorgercene, trangugiamo delle centinaja di questi corpuscoletti.

Ogni giorno, ogni ora respiriamo e facciamo penetrare nel petto legioni di animali e vegetabili. Qui sono microzoarî viventi, parecchie specie dei quali sono i pesci del nostro sangue, colà sono invece vibrioni che ci si appiccicano ai denti come banchi d'ostriche agli scogli; più lungi v'ha una polve d'animaletti microscopici sì piccoli che ce ne vogliono 1 111 500 000 per farne un grammo; altrove sono granelli di polline che germinano sui nostri polmoni per ispargervi la vita parassita, senza confronto più sviluppata della vita normale visibile ai nostri occhî.

I venti e gli uragani che agitano violentemente l'atmosfera, le correnti ascendenti prodotte dalle ineguaglianze di temperatura, i vulcani che eruttano di continuo gas, vapori e ceneri siffattamente divise che spesso vanno a cadere a distanze grandissime, portano e mantengono nelle più alte regioni de' corpuscoli tolti dalla superficie della terra o strappati dalle sue viscere. Ne' fenomeni collegati all'organismo delle piante e degli animali, queste sostanze sì tenui, di sì diverse origini, veicolo delle quali è l'aria, con tutta probabilità esercitano un'azione molto più importante che dall'universale non si supponga. D'altra parte la loro permanenza è posta fuori di dubbio dalla sola prova dei sensi, quando un raggio di sole penetra in luogo poco rischiarato. L'immaginazione si figura facilmente, ma non senza tal qual ribrezzo, dice il signor Boussingault, quanto racchiudono que' pulviscoli che noi sempre respiriamo, e che furono a giusto titolo contraddistinti coll' appellativo di *immondizie dell' atmosfera.* Essi stabiliscono in certo modo il contatto fra gli individui tra loro più discosti; e sebbene la loro proporzione, la loro natura, e per conseguenza i loro effetti siano de' più varî, non è già uno spingere tropp' oltre le supposizioni attribuendo loro parte dell' insalubrità che si manifesta abitualmente nelle grandi agglomerazioni d'uomini.

Si avrà un' idea di ciò che noi possiamo assorbire respirando, nel gettare uno sguardo sulla collezione d' oggetti alla pagina 65. I primi quattro sono foraminiferi, i due seguenti squame d'ali di farfalle. In seconda fila vediamo due miliole, conchiglie delle pietre da costruzione, e due animaletti che seccano e risuscitano sui tetti, il tardigrado ed il rotifero. L'ultima fila ci rappresenta de' granellini di polline, dei quali in primavera ve n'hanno a migliaja sospesi nell'aria. È superfluo aggiungere che tutti questi esseri e germi sono di molto ingranditi. E tutto ciò lo respiriamo! Ma noi beviamo e mangiamo ben altro.

Le acque meteoriche trascinano questa polvere nello stesso tempo che ne disciolgono le materie solubili, tra cui sonvi de' sali fissi ammoniacali, così come sciolgono il vapore di carbonato di ammoniaca ed il gas acido carbonico sparsi nell'aria. Al suo cominciare, una pioggia deve dunque contenere maggior copia di principî solubili che non

quando è sul finire; e se questa pioggia prolungasi senza interruzione con un tempo tranquillo, giunge un momento in cui l'acqua più non contiene che indizî leggierissimi di tali principî.

Le correnti aeree trascinano con loro *miasmi* propagatori di epidemie; il colèra, la febbre gialla, il vajuolo, le malattie che periodicamente affliggono i popoli, pare siano in ispecial guisa propagate dall'atmosfera, fucina della morte al pari che della vita. Le statistiche compilate a Parigi dimostrano come, nelle epidemie più o meno gravi, il morbo è più letale nei circondarî settentrionali su cui i venti del sud recano i miasmi della grande città e dove l'ozono scompare quasi completamente. La cognizione delle condizioni della salute pubblica sarà in parte fornita dallo studio dei rapporti della meteorologia colle variazioni di questa salute, la quale oscilla costantemente sotto il leggier soffio della brezza, come sotto la debole alterazione della pressione barometrica.

L'aria portata da Gay-Lussac dall'altezza di 7000 metri, in occasione del suo viaggio aereostatico, era appunto composta come quella che trovavasi alla superficie della terra. Le esperienze di Boussingault in America, quelle di Brunner sulle Alpi, ne conducono ad identiche conclusioni. Questa uguaglianza nei risultati dipende dalla continua mescolanza degli strati atmosferici operata dalle correnti d'aria e dalle perpetue variazioni di densità.

Avviene lo stesso ad altezze più considerevoli? Ciò non è probabile. Infatti, siccome l'azoto e l'ossigeno sono in istato di mescolanza e non di combinazione, i gas debbono disporsi secondo l'ordine delle densità, avuto riguardo, ben inteso, alla legge d'espansione: comportansi cioè come due atmosfere distinte, chè il più denso deve espandersi meno dell'altro; di modo che le proporzioni d'azoto, la cui densità è 0,972 considerata 1 quella dell'aria, deve accrescersi di mano in mano che l'osservatore s'inalza nell'atmosfera; mentre l'ossigeno, la cui densità è 1,007, deve trovarsi in maggior proporzione alla superficie. Secondo tale ipotesi, a 7000 metri più non entrerebbe quest'ultimo gas nel volume dell'aria che per 19 centesimi; ma fino ad ora l'esperienza non ha potuto constatare siffatta differenza, atteso che questo composto suppone l'aria tranquilla, mentre in tali confini essa è continuamente agitata.

La composizione varia in lievissime proporzioni; quando piove, l'acqua condensata discioglie più ossigeno che azoto: quando gela, l'acqua abbandona questi stessi gas, e l'acqua che evapora ne restituisce pur essa all'atmosfera.

Nel por fine ora a questo studio sulla chimica composizione dell'aria, possiamo chiederci se tale costituzione varia attualmente sul globo terrestre.

Per virtù d'un' altra delle grandi armonie naturali, che collegano il regno animale al regno vegetale, mentre gli animali funzionano come apparecchî di combustione, fissano l'ossigeno dell'aria e lo respingono allo stato d'acido carbonico nell'atmosfera, i vegetali rappresentano una parte contraria; essi infatti funzionano come apparecchî di riduzione; sotto l'influenza dei raggi solari, le parti delle piante reagiscono sull'acido carbonico, lo decompongono, fissano il carbonio e restituiscono l'ossigeno all'aria. L'atmosfera, che gli animali tendono a viziare, è

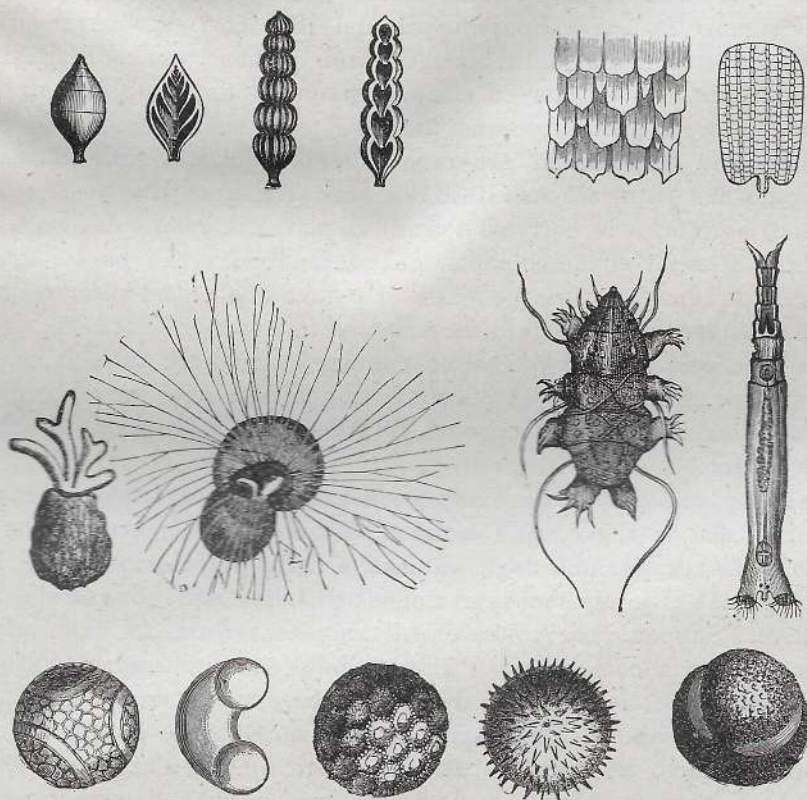



Fig. 27. — Ciò che noi respiriamo. Corpuscoli sospesi nell'aria.

purificata dall'azione dei vegetabili. L' equilibrio chimico di composizione dell'aria quindi tende a conservarsi in virtù di queste azioni esercitate sui suoi elementi costitutivi.

Certi fenomeni dipendenti dalla decomposizione delle roccie per effetto dell'ossidazione parrebbero dapprima di tal natura da modificare a lungo andare la composizione dell'aria; ma una serie di azioni inverse di riduzione tende a restituire, sotto la forma di acido carbonico, l'ossigeno scomparso. Come fa osservare Ebelmen nella sua memoria sull'alterazione delle roccie, il giuoco delle reazioni della materia

minerale alla superficie del globo sembra del pari tale da stabilire un compenso per mantenere la costanza di composizione chimica dell'atmosfera.

Questo compenso si stabilisce in un modo esatto? Supponendo che esso non abbia luogo, cosa possibile, la quantità d'ossigeno andrà diminuendo. « È una grande questione, diceva Thenard, della quale non si potrà avere lo scioglimento che scorsi parecchî secoli, in ragione dell'enorme volume d'aria che circonda il nostro globo. »

Nella loro bella memoria sulla vera costituzione dell' aria atmosferica, i signori Dumas e Boussingault nel 1841 così esprimevansi:

« Alcuni calcoli che indubbiamente non possono essere di assoluta precisione, ma che nullameno si appoggiano ad un complesso di dati abbastanza certi, dimostreranno fin dove converrebbe spingere l'approssimazione dell' analisi per raggiungere il limite sulle variazioni d'ossigeno che potessero manifestarsi sensibilmente. L'atmosfera è di continuo agitata, e le correnti tenute in moto dal calore, dai venti, dai fenomeni elettrici si mescolano e ne confondono senza posa i diversi strati. È dunque la massa generale che dovrebbe essere alterata, onde l'analisi potesse indicare le differenze tra un'epoca e l'altra. Ma questa massa è enorme. Se noi potessimo mettere l'atmosfera tutta in un pallone e sospendere questo al piatto di una bilancia, ci vorrebbero, per fare equilibrio sul piatto opposto, 581 000 cubi di rame di un chilometro di lato.

« Supponiamo ora che ogni uomo consumi un chilogrammo d'ossigeno al giorno, che vi siano mille milioni di uomini sulla terra, e che per effetto della respirazione degli animali e della putrefazione delle materie organiche, questa consumazione attribuita agli uomini sia quadruplicata. Supponiamo inoltre che l' ossigeno sviluppato dalle piante venga soltanto a compensare l' effetto delle cause d' assorbimento dimenticate nel nostro calcolo: al certo riterremmo in troppo gravi proporzioni la probabilità d'alterazione dell'aria. Ebbene, in quest'ipotesi esagerata, scorso un secolo, tutto il genere umano e tre volte il suo equivalente non avrebbero assorbito che una quantità d'ossigeno uguale a 15 o 16 cubi di rame di un chilometro di lato, mentre l' aria ne contiene quasi 134 000.

« Epperò il pretendere che, adoperandovi tutti i loro sforzi, gli animali viventi sulla superficie della terra potrebbero in un secolo guastare l' aria che respirano, a segno di togliere l' ottomillesima parte dell' ossigeno messovi dalla natura, è fare un supposto infinitamente superiore alla realtà. »

Tale è l'atmosfera terrestre, ad un tempo laboratorio e sostanza della vita alla superficie del pianeta nostro. Una combinazione chimica qualunque, effettuata nel suo seno, potrebbe metterlo in conflagrazione ed

annientare la vita, come lo si può facilmente imaginare supponendo, per esempio, l' incontro di una coda di cometa formata di gas idrogeno o qualche emanazione espulsa dalle viscere del globo. Alcuni anni fa abbiamo assistito ad una sorta di finimondo di tal natnra, all'incendio cioè di un mondo della costellazione della Corona boreale, cagionato da una combustione d' idrogeno così come l'ha mostrato l'analisi spettrale. Oggi questo mondo infiammato ed arso gira silenzioso ne' deserti del vuoto. È lo spettacolo che noi pure potremmo dare da un giorno all'altro agli abitanti de' diversi pianeti. Ma questo avvenimento non avrebbe l' importanza che noi saremmo tentati di attribuirgli, e la distruzione della vita terrestre passerebbe inosservata nell' infimo dei mondi. Una semplice modificazione ne' componenti della nostra atmosfera potrebbe qui cagionare la morte universale e preparare forse nuove condizioni ad esseri venturi. È probabile infatti che quantunque l'ossigeno sia sulla terra il principio della vita, i miliardi di mondi dell' infinito non siano identicamente regolati nel modo istesso, e che vi siano esistenze diverse, che funzionino in atmosfere affatto differenti dalla nostra. Forse fra cento secoli gli uomini della terra saranno tutt'altro da quello che oggi siamo noi, e vivranno nelle regioni aeree conquistate ed ospitaliere.

CAPITOLO VI.

L'azione dell'aria nella vita terrestre.

RESPIRAZIONE ED ALIMENTAZIONE DELLE PIANTE, DEGLI ANIMALI E DEGLI UOMINI.

Ora che conosciamo il volume, il peso e la natura dell' atmosfera terrestre, ci conviene di comprendere in rapido schizzo l'opera continua di questo fluido vivificante sulla superficie del pianeta nostro, e di render un conto meglio che si possa esatto delle funzioni dell'aria nei corpi viventi.

La costituzione organica della terra è formata dall'aria e per l'aria. È l' aria che ha rappresentato la prima parte nella formazione degli esseri. Dal più umile fino al più ricco tutti respirano, tutti rinnovano i loro tessuti colla respirazione e coll'alimentazione, la quale altro non è se non una specie di respirazione. L'aria bagna, riempie, compone tutte le cose. L' erba dei campi, l' albero delle foreste, il frutto del pero e del melarancio, la pesca e la mandorla, il grano di frumento o il grappolo della vite sono altrettanti frutti dell'aria. L'animale stesso non è che aria organizzata; e l'uomo è *un'anima vestita d'aria* più o meno condensata, più o meno gradevolmente disposta dalla forza vitale secondo la forma del tipo umano terrestre.

L'anima delle piante, l'anima dell'uomo si fabbrica il proprio organismo planetario col soccorso del mezzo ambiente. Qui spinge essa una foglia nella luce per afferrare e fissare con avidità l' acido carbonico dell'aria; là essa apre e chiude alternamente i polmoni destinati ad estrarre l'ossigeno dallo stesso mezzo aereo che ci imbeve. In un punto dirige la bramosa radice verso certo succo terrestre che converrà alla sua specie; altrove consiglia di scegliere tale alimento per lasciarne tal altro; onde in ogni essere vivente essa mantiene, senza dimenticarlo mai, l'organismo che si è formata.

Consideriamo per un istante questo alimento della vita vegetale, animale ed umana; e poichè la nostra persona di solito ci sta più a cuore degli altri prodotti della natura, vediamo dapprima di che viva l' uomo.

Innanzi tutto, l'alimentazione è multipla in apparenza, ma alla fin dei conti si riassume in elementi analoghi a quelli della respirazione.

L'indigeno dell'America meridionale, sempre in caccia a cavallo, sul suo corsiero selvaggio, consuma da dieci a dodici libbre di carne al giorno: una fetta di zucca offertagli in una *hacienda* è per lui un vero godimento; la parola *pane* non vedesi nel suo vocabolario Stanco del lavoro d'ogni giorno, l'irlandese, non curante affatto, si fa il dono delle *potatoes*, nè tralascia di rallegrare il pasto frugale con dei frizzi. La carne gli è sconosciuta, e fortunato può dirsi colui che, quattro volte in un anno, ha potuto provvedersi un'aringa per condire i pomi di terra. Il cacciatore delle praterie, con un colpo infallibile atterra il bisonte, assapora con piacere il femore succoso e lardellato che dianzi ha fatto arrostire fra due pietre infocate, ed intanto l'industrioso chinese porta al mercato i suoi ratti ingrassati con cura ed i suoi nidi di rondine, sicuro di trovare fra i buongustaî di Pekino generosi compratori; e nella sua affumicata capanna, quasi sepolta sotto la neve ed il ghiaccio, il groenladese divora il lardo crudo, che da poche ore ha tagliato via dai fianchi della balena. Qui lo schiavo negro mastica la canna da zucchero e mangia i banani; colà il negoziante africano vuota il sacchetto di datteri, suo solo nutrimento del deserto; più lungi, il siamese si empie lo stomaco di tal quantità di riso, che spaventerebbe il più avido Europeo. Qualunque sia il luogo della terra abitata ove noi domandiamo l'ospitalità, dappertutto ci vien offerto un alimento diverso, « il pane quotidiano », sotto le forme più svariate.

Però, chiedesi Schleiden, è l'uomo un essere sì facilmente accomodabile che si possa costruire l'abitazione corporea del proprio spirito colle materie più eterogenee, oppure tutte queste varie qualità d'alimenti contengono un solo od un piccolo novero di elementi similari che costituiscono il nutrimento dell'uomo? Quest'ultima ipotesi è la vera.

Tutto quanto ne circonda è formato da picciol numero d'elementi semplici successivamente scoperti dalla chimica. Tra essi, quattro specialmente entrano nella composizione di qualsiasi essere vivente sulla terra; l'azoto e l'ossigeno sono gli elementi più importanti dell'aria atmosferica; l'ossigeno e l'idrogeno formano l'acqua colla loro combinazione; il carbonio e l'ossigeno producono l'acido carbonico, e infine l'azoto e l'idrogeno si riuniscono per comporre l'ammoniaca. Sono questi quattro elementi, e cioè: il carbonio, l'idrogeno, l'ossigeno e l'azoto, che nelle loro diverse combinazioni formano la sostanza di cui si compongono le piante e gli animali.

I quattro corpi dianzi accennati, riunendosi in diverse proporzioni, costituiscono una infinità di sostanze organiche che potrebbersi ordinare in due serie distinte. Una comprende i corpi composti dai quattro elementi riuniti, quali sono: l'albumina, la fibrina, la caseina e la gelatina.

Il corpo animale intiero è tessuto di queste materie, e quand'esse ne sono disgiunte e quando la vita le abbandona, decompongonsi in pochissimo tempo e danno acqua, ammoniaca ed acido carbonico, che sprigionansi nell'aria. All'opposto, la seconda serie cóntiene sostanze prive d'azoto, cioè: la gomma, lo zucchero, l'amido, i liquidi che ne dipendono, così come l'alcool, il vino, il burro e infine i corpi grassi. Questi transitano dal corpo animale nel senso che il loro carbonio e l'idrogeno sono consumati dall'ossigeno aspirato durante la respirazione, ed esaltati in seguito sotto forma di gas acido carbonico ed acqua.

Gli stessi atomi de' corpi semplici passano in proporzioni diverse e in combinazioni o mescolanze diverse, per entro gli organismi vegetali ed animali; vengono dall'aria e ad essa ritornano. La vita nutresi della morte, e le decomposizioni servono come nuovi cibi sulla tavola sempre completa del mantenimento della vita terrestre. Ben a ragione dice il naturalista che l'uomo infine de' conti vive dell'aria coll'intermedio delle piante. La pianta assorbe nell'atmosfera le sostanze di cui essa componesi il nutrimento. Sia che mangiamo vegetabili o animali, o che semplicemente respiriamo, altro non facciamo che surrogare le molecole nuove, che hanno appartenuto ad altri corpi, e insomma, assorbire ciò che è stato respinto da altri, e respingere quanto dovrà essere da altri assorbito.

L'uomo adulto pesa in media 70 Kg., e, dopo aver dedotta la gran quantità d'acqua che circola in tutte le parti del corpo, rimangono circa 18 Kg., de' quali 7 per le ossa e 11 per le altre parti. I primi contengono in media il 66 per cento, ed il resto il 30 per cento di sostanza terrosa che sussiste dopo l'incenerimento. Non calcolata questa sabbia, questo fosfato di calce, noi pigliamo tutto nell'aria direttamente o indirettamente.

Per tre quarti ci nutriamo d'aria col mezzo della respirazione. L'ultimo quarto dobbiamo chiederlo ad alimenti in apparenza più solidi ma noi vediano che questi stessi alimenti sono specialmente composti di principî costituenti l'aria. Tale è lo stato del nostro pianeta. Al certo esistono dei mondi ove si vive più gradevolmente, senza essere astretti al rozzo lavoro del mangiare e del bere ed alle loro poco piacevoli conseguenze, dove l'aria, un po' più nutriente della nostra, lo è a sufficienza. All'opposto sonvi certamente dei mondi dove si è ancora più sventurati, dove non si possiede quest'atmosfera che ci nutre per tre quarti a nostra insaputa, e dove si è obbligati a guadagnare col lavoro banchetti d'ossigeno o d'altro gas.

Insomma, l'aria trasparente è composta degli stessi principî che si rinvengono in maggior abbondanza nella crosta opaca e solida del nostro globo. I quattro principali elementi di qualsiasi organismo vegetale od animale: l'ossigeno, l'azoto, l'idrogeno ed il carbonio vi sono

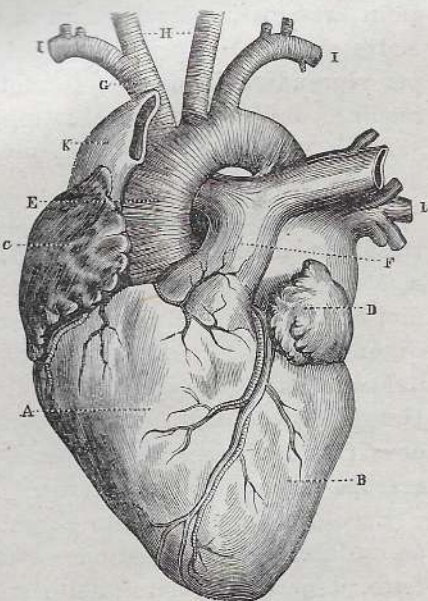
parimenti; i due primi, quali elementi costitutivi dell' aria; il terzo, mescolato coll' ossigeno sotto forma di vapore acqueo; ed il quarto infine, mischiato al soffio espirato dagli animali e ad alcuni altri gas provenienti dalla decomposizione delle piante.

Se noi riconosciamo così nei principî dell'alimentazione la preponderanza dell'ossigeno, dell'acqua e dell'azoto in diverse combinazioni, ci sarà di gran lunga più facile il constatare ora nella respirazione l'opera costante ed unica dell'atmosfera.

Epperò, esaminiamo la grande parte che l'aria rappresenta nella vita.

Il sistema sanguigno, che si sviluppa in tutto il nostro corpo, si divide principalmente in due sorta di condotti: le *arterie*, nelle quali il sangue si trasporta dal cuore a tutti gli organi; le *vene*, i canali, per cui esso fa ritorno al cuore. Questo cammino del sangue in tutto il corpo per far ritorno di nuovo al cuore, suo punto di partenza, è detto *circolazione*.

Fig. 28. — Cuore dell' uomo.

Il cuore (fig. 28) è un organo cavo e muscolare, di forma conica e, nell'adulto, grosso come un pugno. Da una tramezza muscolare è separato in due metà quasi uguali, adossata l'una all'altra e divise ciascuna, nel senso dell'altezza, in due cavità, la superiore delle quali è l'orecchietta, l'inferiore il ventricolo. Le orecchiette devono tal nome ad un' appendice schiacciata che ricade sulla loro faccia esterna. L'orecchietta destra (C) comunica col ventricolo destro (A), l'orecchietta sinistra (D) col ventricolo sinistro (B). Fra i due ventricoli non v'ha comunicazione.

Agente principale della circolazione, il cuore è la sede di movimenti che non sono sottoposti alla volontà, ma che tuttavia (così come ognuno più d'una volta l'avrà constatato su sè stesso) stanno senza posa sotto l' influenza delle impressioni morali e delle sensazioni. Questi moti consistono nella contrazione e nel distendimento alternato delle pareti del cuore. I ventricoli si contraggono simultaneamente, poi alla loro contrazione succede un periodo di distendimento, durante il quale le orecchiette si contraggono a loro volta, per distendersi alla contrazione dei ventricoli. Finchè dura la dilatazione, il sangue affluisce nelle cavità del cuore; ne è scacciato dalla contrazione: quella delle orec-

chiette lo fa passare nei ventricoli; quella dei ventricoli lo spinge nelle arterie.

È questa alternazione che costituisce il ritmo del cuore ed i battiti a regolari intervalli ch'esso fa udire e sentire attraverso le pareti del petto. Vediamo dapprima come si compia la circolazione delle arterie.

La contrazione del ventricolo sinistro (*B*) spinge il sangue nell'arteria aorta (*E*), e di là in tutte le arterie, ove scorre sotto la triplice azione della contrazione ventricolare, dell'elasticità e della contrattilità delle pareti arteriali. In alcuni vasi il suo moto è ritmato come quello del cuore; se si appoggia il dito sul tragitto di un'arteria, sentesi l'urto del sangue, il polso. Di mano in mano che esso prosegue nelle ramificazioni arteriose, scorre con un movimento continuo e senza scossa, trasmette ai tessuti i principî di cui componesi, e li lascia all'assimilazione, per riprendere in cambio le molecole disassimilate, che debbono essere respinte dall' organismo e sottoposte a nuova elaborazione. Fluido vivente e nutritivo, esso porta negli organi la vita, il calore e gli elementi della nutrizione.

Al suo ingresso nell'aorta, e durante il suo viaggio nel sistema arterioso, era di un rosso vivissimo; ora il colore è oscuro, il sangue rosso si è trasformato in sangue nero. Privato di molta parte de' suoi principî costituenti, esso ritorna, pel mezzo del sistema venoso, ad attingerne di nuovo alla loro fonte nel petto, ove gli elementi della nutrizione debbono surrogare quelli che dianzi sono stati abbandonati all'assimilazione. Ricostituito così in parte, il sangue va a gettarsi dalla vena cava (*K*) nell' orecchietta destra (*C*), e l' orecchietta, contraendosi, lo scaccia nel ventricolo destro (*A*).

Ecco il sangue ritornato al cuore; ma sebbene arricchito dei prodotti assimilabili della digestione, è incompleto, e, per ritornare sangue perfetto, deve trasformarsi, nello stesso tempo che la combustione di parte de' suoi principî produrrà il calore ch'esso distribuirà tosto all' organismo. Siffatta elaborazione avviene nei polmoni.

Il ventricolo destro si contrae, il fiotto di sangue venoso passa nell'arteria polmonare (*F*), attraversa i polmoni, e si trasforma in sangue arterioso, e i globuli rosso-bruni del sangue venoso pigliano, a contatto dell'ossigeno, un colore vermiglio e rutilante; essi caricansi del calorico sviluppato dalla combustione del carbonio, ed il sangue, così vivificato, penetra fino all'orecchietta sinistra che lo trasmette immediatamente al ventricolo, ove il suo tragitto circolare termina per ricominciare subito dopo.

La circolazione, dice il dottore Le Pileur, può dunque essere divisa in due periodi simultanei; il cerchio fittizio percorso dal sangue componesi di due segmenti disuguali descritti dalla colonna liquida (fig. 29); il segmento superiore è la circolazione polmonare o piccola circola-

zione, il segmento inferiore è la circolazione generale o grande circolazione. Il sangue venoso nero (*v*) diventa rosso nella circolazione polmonare, e, ricominciando in *a* il suo corso, è sangue arterioso.

Come lo indica il loro nome, i polmoni (*pneumon*, da *pneo*, io respiro) sono gli organi essenziali della respirazione. Sono in numero di due; ma siccome ricevono l'aria dallo stesso canale ed il sangue da un solo vaso, debbono essere considerati come l'espansione terminale delle ramificazioni della trachea-arteria (*A*, fig. 30 e 31) o, se si vuole, come le due teste di uno stesso albero. Situati nel petto, di cui occupano la maggior parte, e che è, si può dire, la loro forma, rappresentano due coni irregolari appoggiati per le basi sul diaframma.

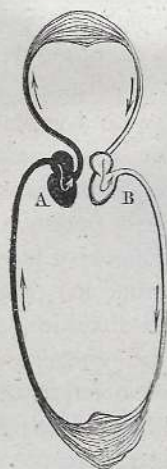



Fig. 29.
Tragitto fittizio del sangue.

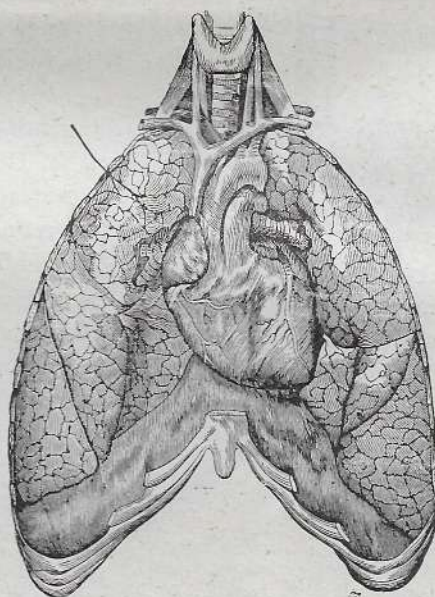



Fig. 30.
Cuore e polmoni dell'uomo.

I polmoni ricevono l'aria dalla laringe, dalla trachea-arteria e dai bronchi. La laringe, organo della voce, continuasi al suo orificio inferiore colla trachea-arteria. Questa si divide in due condotti, che sono detti *bronchi*, e che, giunti alla radice dei polmoni, danno principio a numerose ramificazioni. Essi continuano a suddividersi, e terminano colle cellule polmonari, il cui agglomeramento, a mo' di grappoli, costituisce i lobuli del polmone.

La respirazione è una funzione caratterizzata dall'introduzione dell'ossigeno dell'aria nel sangue e dall'espulsione, sotto forma gasosa, di parte dei materiali inutili o nocivi all'organismo. Essa dividesi in due tempi: l'*inspirazione*, durante la quale l'aria atmosferica penetra nelle

cellule polmonari, e l'*espirazione,* che scaccia dai polmoni quest'aria modificata. Si possono confrontare i polmoni ad un fino tessuto, il cui sviluppo sarebbe 120 volte più grande della superficie del corpo intiero, che è ripiegato su sè stesso e cribrato da 40 o 50 bucherellini. Questi pori sono appunto troppo piccoli per lasciar filtrare il sangue ed abbastanza grandi per lasciar penetrare l'aria. Quando l'ossigeno dell'aria li attraversa per combinarsi col sangue, questo, a tale contatto, si rigenera, e lascia che le sue molecole inutili si mescolino all'aria, che seco le trasporta nell'espirazione. Evidentemente quest'è uno scambio di gas che si fa tra l'aria ed il sangue, la prima coll'abbandonare al secondo dell'ossigeno per ricevere altri fluidi gasosi, tra cui domina l'acido carbonico. Quest'ultimo gas, in eccesso nel sangue venoso, si esala al di fuori, mentre l'ossigeno dell'aria ravviva il sangue riportato al cuore dalle vene.

Fig. 31. — Ramificazione dei bronchi. (*A*, trachea-arteria; *B* e *C*, bronchi; *D*, *D*, ramuscoli bronchiali.)

Così, da una parte l'ossigeno atmosferico brucia carbonio nel polmone, dall'altra il polmone esala acido carbonico, azoto e vapore acquoso. L'ossigeno, combinato col sangue durante la respirazione, se n'è separato a poco a poco nei vasi capillari dell'intero corpo, per dare nascimento a numerosi prodotti, fra i quali contasi l'acido carbonico. All'uscire dal cuore e nelle arterie, il sangue conteneva 24 centimetri cubi per 1000 d'ossigeno; nelle vene non ne contiene più di 11. Quanto all'azoto ed al vapore acquoso, l'uno è sviluppato, l'altro, prodotto durante il lavorio stesso della nutrizione, ed ambidue sono attinti dall'organismo ai principî che la digestione e la respirazione v'introducono.

L'uomo non respira già solo coi polmoni, ma anche coi milioni di forellini che sono nella pelle, per mezzo dei quali effettuansi costantemente l'espirazione e l'inspirazione. E la respirazione cutanea non è meno importante della respirazione polmonare.

Lavoisier, il quale, come abbiamo veduto, fu il primo analizzatore dell'aria, fu pure il primo che abbia constatato l'assorbimento dell'ossigeno nella respirazione, e dimostrato con esperienze l'analogia che esiste fra le funzioni respiratorie e la combustione. La respirazione altro non è, ei dice, se non una lenta combustione di carbonio e d'ossigeno,

in tutto simile a quella che operasi in una lampada. Tanto nella respirazione quanto nella combustione è l'aria che fornisce l'ossigeno... Ma, del pari che nella respirazione, è la sostanza stessa dell' animale che fornisce il combustibile. Se gli animali non ponessero sempre riparo col nutrimento a quanto perdono per effetto della respirazione, l' olio tosto verrebbe meno alla lampada, e l'animale perirebbe come la lampada si spegne quando manca d' alimento. La maggior parte dei fisiologi hanno ammesso la teoria di Lavoisier, e considerano la respirazione come una lenta combustione de' materiali del sangue, operata dall'ossigeno dell'aria e la fonte del calore animale.

Una candela da una parte, un animaletto dall' altra, posti ciascuno sotto una campana (fig. 32), effettuano la stessa operazione. L' una e l'altro consumano l'ossigeno per far acido carbonico. E però amendue

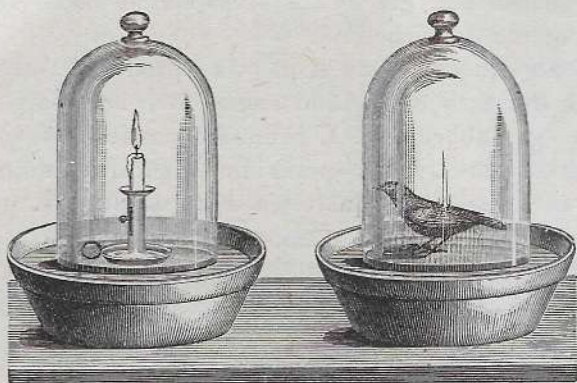



Fig. 32. — Respirazione e combustione.

si spengono, muojono, quando non v'ha più ossigeno a sufficienza per mantenerli.

Da quanto precede comprendesi che l'aria esalata non ha nè lo stesso volume, nè le stesse proporzioni d'elementi costitutivi dell' aria inspirata. Infatti l' adulto assorbe colla respirazione da 20 a 25 litri, cioè da 29 a 36 grammi d'ossigeno all'ora, ossia 500 litri al giorno. Se calcolasi la popolazione umana del globo un miliardo, ne risulta che l'umanità sottrae giornalmente all' atmosfera 500 miliardi di litri, ossia 500 *milioni di metri cubi d'ossigeno!*

In un'ora l'uomo esala 20 litri e 41 grammi d'acido carbonico, ossia 480 litri al giorno o quasi 1 chilogrammo. Onde in un giorno la schiatta umana dà all' atmosfera 480 milioni di metri cubi o 1000 milioni di chilogrammi d' acido carbonico!

La sola città di Parigi esala giornalmente nell' aria 4 500 000 metri cubi d'acido carbonico, dei quali 1 000 000 voglionsi attribuire alla popolazione ed agli animali, e 3 500 000 alle diverse combustioni.

Infine, siccome ciascun individuo introduce presso a poco 10 metrî cubi d'aria al giorno ne' proprî polmoni, così son 10 *miliardi di metrî cubi d'aria* che giornalmente attraversano gl' insaziabili polmoni dei figli d'Adamo e delle figlie di Eva.

Epperò i più gravi inconvenienti colpirono talvolta gl' individui posti in luogo chiuso, dove l'aria non può rinnovarsi. Nel secolo scorso, durante la guerra degl'Inglesi nell'India, furono rinchiusi centoquarantasei prigionieri in una sola sala, bastevole appena per contenerli, e dove l'aria penetrava soltanto da due strette finestre; di lì ad otto ore, solo 23 uomini erano rimasti vivi e in istato deplorevole. Percy narra che, dopo la battaglia d'Austerlitz, di trecento prigionieri russi stati racchiusi in una caverna, duecentosettanta soccombettero in poche ore all'asfissia.

L'aria, resa asfissiante dalla combustione del carbone, deve le sue proprietà deleteriche non già all'acido carbonico, bensì ad una debole proporzione d'ossido di carbonio.

È propriamente quest' ultimo il gas che produce l' asfissia durante la combustione del carbone quando mancano i necessarî condotti per l'espulsione dei gas abbruciati. L' influenza tossica dell' ossido di carbonio è dimostrata dalla morte quasi immediata degli animali a sangue caldo, portati in un'aria alla quale sia stato aggiunto l' uno per cento in volume d'ossido di carbonio puro.

Analizzata l'aria dei recinti abitati, viziata dalla respirazione, sonosi ottenuti importanti risultati, tra cui possono citarsi i seguenti:

	Acido carbonico in peso
Camera di caserma della Scuola militare di Parigi (vi passavano la notte undici soldati). Uscî e finestre chiusi e riturati	19 millesimi.
Idem. Uscî e finestre chiusi e non riturati. . . .	11 millesimi.
Anfiteatro di chimica, non ventilato dopo il soggiorno di 900 persone durante un'ora e mezza circa	10 millesimi.
Sale d'ospitale, non ventilate ed ingombre (al finir della notte)	8 millesimi.
Sala di scuola elementare, con ventilazione imperfetta .	47 diecimillesimi.
Teatro, alla fine della rappresentazione (platea) . .	43 diecimillesimi.
Aria presa nel camino di richiamo della camera dei deputati, a Parigi, al termine di una seduta . . .	25 diecimillesimi.
Camera da letto ventilata (sul finire della notte) . .	5 diecimillesimi.

La combustione del carbone, o delle sostanze combustibili destinate all'illuminazione, è un' altra fonte di alterazione dell'aria. Una candela stearica, che brucia 10 grammi di materia combustibile all' ora, consuma 20 litri circa d'ossigeno, e produce 15 litri d'acido carbonico. Un becco di gas di carbon fossile, che emetta ogni ora 140 litri di gas (becco delle lampade della pubblica illuminazione di Parigi) consuma

circa 220 litri d' ossigeno, e produce 112 litri d' acido carbonico. Una lampada Carcel, che brucia 42 grammi d'olio di colza depurato all'ora, consuma un po' più di 80 litri d'ossigeno, producendo quasi 60 litri di acido carbonico.

Quest'è il lavorìo chimico dell'aria sulla vita. Occupiamoci un momento del suo lavoro meccanico.

Comunemente, nell'adulto in istato di riposo, il cuore batte sessanta volte al minuto, la respirazione ha luogo per l'ordinario diciotto volte al minuto; nel fanciullo è più frequente. È noto che, al pari de' battiti del cuore, essa diventa più attiva sotto l' influenza di qualsiasi causa d'eccitazione fisica e morale, e più lenta nell'attenzione che si dedica ad un lavoro difficile.

Quantunque tutti respirino, tutti però non sanno respirar bene. È la funzione più importante della vita, e che avviene durante il lavoro, il moto, il sonno. Allorchè vi si riflette, ritiensi meraviglioso il poter combinare, senza saperlo, la parola di un lungo discorso colla respirazione. L' inspirazione facile e senza sforzo permette di prolungare per molto tempo, senza fatica, gli esercizî di canto e di ginnastica. All'opposto, le persone che respirano specialmente con sollevamento delle coste superiori si stancano e sfiatano con facilità. Ciò riscontrasi nelle donne, quando il busto comprime loro la base del petto.

Si calcola che nell'uomo dai trentacinque anni ai quaranta la capacità dei polmoni è di circa 3 litri e 70 centimetri d' aria; prima di questa età è minore, e decresce fino a un po' meno di 3 litri verso i sessant'anni. Nella donna è più debole, e varia inoltre secondo le persone.

La pressione atmosferica influisce del pari sulla frequenza dei battiti del cuore, ma soltanto in certe condizioni. Chi s' inalza rapidamente a grande altezza, osserva nel polso un aumento di frequenza molto sensibile. Le ascensioni aereostatiche ed i viaggi nelle montagne ne forniscono la prova. Un aumento nella pressione atmosferica diminuisce la frequenza del polso. Taluno ha sentito scendere a 59 ed anche a 45 battiti il polso di individui posti in un apparecchio ad aria compressa, in cui la pressione era portata a due e più atmosfere.

Le funzioni più importanti della natura passano per noi inavvertite quando sono costanti. Tra queste v'ha la respirazione. Dal primo minuto che succedette alla nostra comparsa nel mondo, respiriamo continuamente, notte e giorno, nel lavoro e nel riposo, nel piacere e nel dolore, e pure non ce ne accorgiamo. Nullameno questo grande atto della vita merita tutta la nostra attenzione.

Non è già tra le agitazioni del giorno che possiamo dedicare un istante d' osservazione al ripetersi continuo ed instancabile di questo fenomeno; sibbene allorchè, giunta la sera, sdrajati sul divano e medi-

tabondi, o meglio ancora ne' momenti che precedono il sonno, sotto l'ombra silenziosa della notte, lasciamo che lentamente il pensiero e le membra si assopiscano. Allora il movimento leggiero dei polmoni, che si gonfiano e si restringono in cadenza, può risvegliare la nostra attenzione solitaria su quella forza che regge la vita. Possiamo pensare che durante il sonno tale movimento isocrono perpetuasi nel nostro petto, e mentre una morte apparente ci avviluppa i sensi, e la mente nostra erra nel mondo de' sogni, continuamente, senza mai dimenticarsi, il nostro seno chiamerà l'aria esterna ed aprirà ad ogni istante l'uscita all'acido carbonico che ci asfissierebbe. Forse potremmo anche pensare alla sgradevole sensazione che ne produrrebbe la casuale otturazione dei canali respiratorî, se durante il sonno un malaugurato oggetto qualunque, dall'esterno o dall' interno, venisse a chiuderci la strozza e ad intercettare la comunicazione permanente che deve regnare fra i polmoni e l'aria che ci lambe il viso. Ma tale timore sarebbe poco atto a conciliare il sonno, onde ci guardiamo bene dal destarlo.

In questi momenti di tranquillità e di riposo in cui ci è permesso di *sentirci vivere* per effetto della respirazione, siamo in condizioni eccellenti per renderci conto non solo dell'assoluta necessità di questa funzione, ma anche della nostra vera situazione *in fondo all' oceano* aereo. Infatti osserviamoci: Siamo pure sdrajati o in piedi sulla superficie del suolo, relativamente all' oceano aereo, posto sulle nostre teste, noi ci troviamo nell' identica situazione de' coralli, de' crostacei e dei zoofiti che abitano in fondo del mare! Il mare aereo distendesi sul nostro capo co' suoi uccelli, cogl' insetti e gli animaluzzi invisibili in luogo dei pesci. In sostanza noi siamo appiccicati al fondo come miserabili e pesanti crostacei che aprono e chiudono le loro branchie di secondo in secondo. Quest'è la nostra reale situazione, a cui nessuno pensa nè poco nè punto. Noi non siamo alla superficie dell' esterno vero del mondo terrestre, ma respiriamo in fondo al suo oceano aereo.

Chi sa che nelle regioni alte dell'aria non vi siano esseri superiori, invisivili pei nostri occhî e pel nostro soggiorno sottoaereo, che sarebbero le vere intelligenze sovrane, i veri ospiti di questa creazione sublunare?

Una differenza nei gradi di pressione atmosferica, o, in altri termini, le oscillazioni giornaliere e le variazioni accidentali del barometro hanno qualche influenza sul corpo umano? In quali circostanze e con quali sintomi manifestasi quest'azione? È certo che le funzioni eseguisconsi con maggior energia, quando il barometro sale e la pressione ambiente è più forte. Comprendesi infatti come, in virtù dell'aumento della pressione esterna, l'elasticità delle pareti membranose sia favorita da questo eccesso di pressione. Se accade all' incontro che il barometro di poco s'abbassi, noi proviamo un senso di fastidio e di fa-

tica con bisogno di riposo, i nostri liquidi tengono disciolti alcuni gas e tendono per altro ad evaporare per effetto della temperatura del corpo. Il rallentamento delle funzioni, che è la conseguenza di questa perturbazione, ci rende più penoso qualsiasi movimento: e imputando all'aria che ne circonda il senso prodotto nei nostri stessi organi, abbiamo l'abitudine di lagnarci che l'*aria è pesante*, appunto perchè è troppo leggiera.

Abbiamo detto che il peso totale sopportato da un uomo di media statura è di 15 500 Kg.; la differenza di pressione durante le più estreme variazioni atmosferiche giunge a 1000 ed a 1200 Kg., cioè ad un dodicesimo circa. La temperatura, l'elettricità dell'aria, il suo grado di secchezza o di umidità unisconsi all'azione della pressione atmosferica.

Tutti abbiamo provato lo spossamento prodotto nel nostro organismo dall'abbassarsi talvolta considerevole del barometro (1). Una differenza più pronunciata sarebbe capace di abbattere le costituzioni delicate e indebolite: e, per vero dire, non è argomento indegno della nostra riflessione il supporre uno stato dell'atmosfera capace d'addormentare per l'ultimo sonno l'intiera razza umana.

I fisiologi hanno citato parecchî esempî assai notevoli dell'influenza prodotta da una semplice diminuzione della pressione atmosferica. Secondo Mead, nel mese di febbrajo 1687 il barometro scese ad un grado al quale non s'era mai veduto; il professore Cockburn morì improvvisamente di emottisia; lo stesso giorno, alla stessa ora, parecchie persone conosciute soffrirono delle epistassi e diverse emorragie pericolose, cui nulla aveva annunziate e che non erano state precedute se non da un senso di stanchezza e di debolezza. Il 2 settembre 1658 si alzò un violento uragano, e Mead pretende sia stata una delle cause della morte di Cromwell.

Certe persone sono veri barometri. Quelle dei nervi indeboliti o di una sensibilità morbosa, quelle che hanno sofferto un'amputazione, sentono le alterazioni barometriche colla stessa esattezza dell'oscillante colonna di mercurio. Tutti possono citare esempî.

---

(1) Nel mentre sto preparando questa seconda edizione (gennajo 1872), mi viene fatto d'aver una prova speciale di quanto si è detto più sopra. Alcuni giorni sono, tutti parevamo di cattivo umore, stanchi, oppressi. L'osservazione era sì generale, che molte persone me l'hanno manifestata declamando contro le stagioni. Io ho risposto che questo stato poco soddisfacente della salute pubblica non era se non una questione di barometro. Infatti il barometro era sceso ad una pressione eccessivamente debole, come si può vedere confrontando le cifre del bollettino dell'Osservatorio meteorologico di Montsouris:

13 gennajo	(mattina)	763	24	(1 o. m.)	725
15	—	757	25	—	736
17	—	752	26	—	742
21	—	749	27	—	748
22	—	745	28	—	757
23	—	736	29	—	760

Se, libero da prevenzioni, senza idea preconcetta, l'uomo potesse tener nota di tutto quanto sente in sè in un dato spazio di tempo, egli riconoscerebbe prontamente che v'ha un punto nell' altezza del barometro ove le sue funzioni compionsi con maggior vigorìa, ove l'animo suo è meglio disposto, più libero, più vivace, ove lo studio diventa più facile e la vita più attiva. Nelle zone temperate, a Parigi specialmente, una media altezza è la più favorevole alla salute del maggior numero degl' individui, al pieno esercizio delle loro facoltà, così come alle più potenti manifestazioni della loro vita morale. Comunemente, il punto in cui si compie colla maggior perfezione il lavorio delle funzioni vitali è quello di 764 millimetri.

Quando il barometro è passato oltre quest'altezza favorevole, provasi un maggior benessere nelle ore in cui l'oscillazione diurna scende al *minimum*. Se, all'opposto, è basso, la tendenza al miglioramento ed al benessere manifestasi nelle ore in cui l' oscillazione diurna raggiunge il *maximum*. Lo stesso dicasi per le variazioni casuali.

Col dottor Foissac osserveremo non essere queste regole, queste indicazioni applicabili a tutti, e nella stessa guisa che la siccità e l' umidità, il freddo ed il calore sono favorevoli agli uni, nocivi ad altri, la differenza nella pressione atmosferica produce effetti diversi secondo lo stato di salute, i temperamenti e le abitudini. D'altra parte vedonsi certe costituzioni sottratte a sì delicate influenze, quali sono, a mo' d'esempio, quelle persone, e ve n'ha molte, che pensano e sentono come digeriscono, cui non valgono a sturbare od a sviare dalla solita strada nè le fisiche procelle, nè i casi morali, e la cui vita, racchiusa nel positivismo, non conosce nè i voli dell'imaginazione, nè le multiformi gradazioni della sensibilità. Le riflessioni precedenti si applicano sopratutto a quelle nature sventurate (privilegiate?) per le quali la somma delle felicità e delle sofferenze è doppia pel loro modo di sentirle; esse applicansi a quelle sensitive intelligenti, per le quali uno spino leggiero, fisico o morale, è una freccia acuminata: a quelle persone infine tutto studio e contemplazione, inquiete sul passato, preoccupate dell' avvenire, e più o meno sfiorate dal *tædium vitæ* che penetra loro nel cuore come il verme nel calice del fiore o nel frutto maturato dall'estate. Non dubitiamo menomamente non alludesse a tali nature il poeta di Tristam Shandy, quando, senza pensare che con una riflessione morale formulava una legge fisica, disse: « La marea delle nostre passioni sale e si abbassa più volte al giorno. »

Così si regge il cielo, e così il nostro stato fisiologico di corpo ed anche di mente può quasi sempre tradursi in cifre barometriche.

Or dianzi abbiamo apprezzato l'ufficio dell'aria nella vita umana ed in quella degli animali superiori. Non possiamo omettere di completare questo apprezzamento collo studio dello stesso ufficio negli altri ordini

organici, cioè negli uccelli, negli insetti e nei pesci, e nella respirazione delle piante. Noi constateremo in tal guisa, una volta per tutte, l'universalità del regno dell'aria nell'intero organismo della vita terrestre.

La circolazione negli uccelli è doppia. Il loro cuore è formato di due metà distinte, ed anzi il loro sangue è più ricco di globuli di quello dell'uomo, perchè è penetrato abbondantemente dall'aria, non solo nei polmoni, come riscontrasi nei mammiferi, ma nelle ultime dipendenze dell'albero arteriale del tronco e delle membra. Ciò che contraddistingue infatti l'uccello più presto che il volo, è la sua maniera di respirare. Negli uccelli (fig. 33) non trovasi la mobile parete chiamata *diaframma*, la quale ne' mammiferi arresta l'aria al petto ; l'aria esterna penetra in tutte le parti del loro corpo dalle vie respiratorie che diramansi in tutte il tessuto cellulare, perfino nelle penne, nell'interno delle ossa e tra i muscoli. Il loro corpo, dilatato dall'aria aspirata (fig. 34), è alleviato di considerevole porzione del suo peso.

Fig. 33. — Respirazione degli uccelli. Trachea-arteria del piccione.

Alle ali, i cui battiti lo sostengono nell'aria, l'uccello aggiunge dunque una doppia respirazione che dà al suo corpo sufficiente leggierezza specifica, di più una circolazione attiva, riscaldata dalla penetrazione dell'ossigeno. È noto che il calore vitale sta in rapporto colla respirazione. E però gli uccelli, per virtù del loro ricco organismo, possono vivere nelle regioni più fredde dell'atmosfera.

Non par quasi che questi piccoli esseri, vispi e graziosi abitanti dell'aria, cuori palpitanti, canzoni viventi, sì forti nella loro apparente debolezza, librinsi al disopra di noi, nelle altezze aeree, coma una sfida perpetua gettata alla nostra vanità umana? Si può mai contemplare un gruppo d'uccelli che percorre cantando le vaste pianure dell'aria, senza scorgere in esso qualche promessa anticipata dell'avvenire riserbato agli sforzi dell'uomo, che mira alla non chimerica conquista dell'atmosfera?

Ma l'uomo non avrà mai la respirazione degli uccelli, nè volerà mai colla sola forza muscolare.

Se noi consideriamo ora gli insetti, anch'essi più aerei di noi, osserviamo (e ciò non è stato conosciuto che dopo Malpighi, 1669), che il loro delicato apparecchio respiratorio è essenzialmente composto di condotti membranosi delicatissimi, le cui ramificazioni, in numero incalcolabile, si spandono ovunque ad internarsi nella sostanza degli or-

gani, presso a poco come le radici seppellite di una pianta internansi nel suolo. Questi vasi hanno ricevuto il nome di *trachee*. Le loro comunicazioni coll'aria stabilisconsi in seguito in varî modi, secondo il mezzo nel quale vivono gl' insetti.

Il maggior numero di essi, come è noto, passano la vita cullati sulle onde aeree. Ora l'aria ambiente penetra nelle trachee da un gran numero d' orificî situati sui fianchi del corpo, e che sono stati chiamati *stigmati*. Questi sono i puntini, comunemente a forma di bottoniera, che si scorgono, per poco si faccia attento esame, in moltissime specie.

L'apparecchio respiratorio degl'insetti (fig. 35) componesi ora soltanto di tubi elastici, ora di una riunione di tubi e di sacchi membranosi. Le

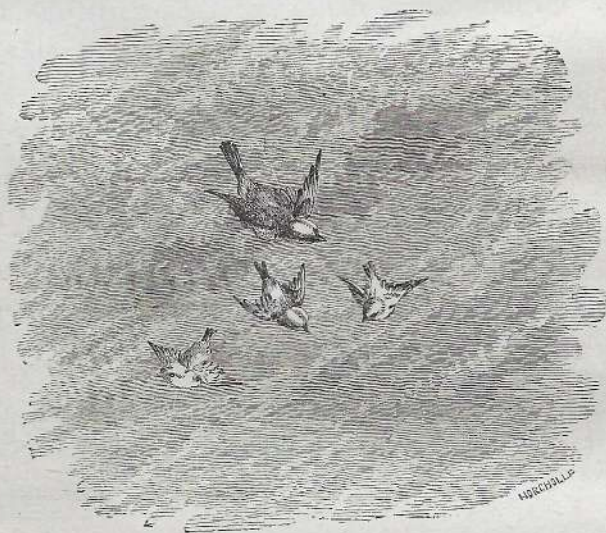



Fig. 34. — Il loro corpo, dilatato dall' aria aspirata, è alleviato di considerevole porzione del suo peso.

pareti dei tubi sono elasticissime, e conservan sempre una forma quasi cilindrica, anche quando non v'ha nulla che li distenda. Questa disposizione è determinata dall'esistenza, per tutta la lunghezza della trachea, d'un filo di consistenza semi-cornea, rotolato ad elice, e rivestito esternamente d'una guaina membranosa assai delicata. Il numero delle trachee è considerevole. Nel bruco del *cossus ligniperda*, tra gli altri, il naturalista Lyonnet ha contato 236 branchie longitudinali e 1336 trasversali. In tal guisa il corpo di quest'essere sì modesto è solcato in tutti i sensi da 1572 tubi aeriferi, visibili all'occhio armato d'una lente d'ingrandimento, senza contare quelli che non possono essere scorti!

Il meccanismo della respirazione negl'insetti è facile a comprendersi. La cavità addominale dove racchiudesi la maggior parte dell'ap-

parecchio tracheale è suscettiva di contrarsi e di dilatarsi alternativamente. Quando il corpo dell'insetto si restringe, le trachee sono compresse e l'aria ne viene scacciata. Ma quando la cavità viscerale ripiglia la capacità primitiva o dilatasi di più, questi canali s' ingrandiscono, e l'aria di cui sono pieni, rarefacendosi in seguito a tale ingrandimento, non fa più equilibrio all' aria esterna colla quale essa comunica coll' intermediario degli stigmati. Allora quest' aria esterna precipitasi nell' interno dei tubi ed ha luogo l' inspirazione.

I movimenti respiratorî possono accelerarsi o rallentarsi secondo i bisogni dell'animale. In generale se ne contano fra i trenta ed i cinquanta al minuto. Nello stato di riposo gli stigmati sono aperti e l'aria giunge liberamente in tutte le trachee ogni volta che la cavità viscerale si dilata. Ma questi orificî possono anche chiudersi, e gl' insetti possiedono così la facoltà di sospendere a volontà qualsiasi comunicazione fra il loro apparecchio respiratorio ed il mezzo ambiente.

Alcuni insetti vivono nell'acqua e sono quindi obbligati di venir a

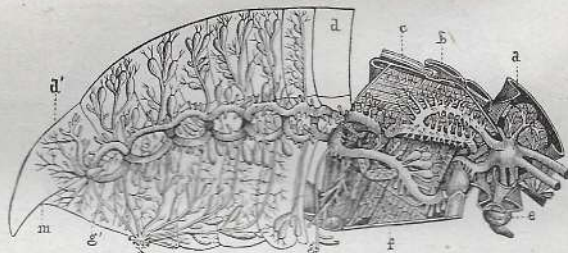



Fig. 35. — Respirazione degli insetti. Apparecchio respiratorio dello scarafaggio.

prendere l' aria di cui hanno bisogno alla superficie del liquido, o di impadronirsi di quella poca aria che l' acqua tiene a sè mescolata. Tali modi di respirazione riscontransi sotto varie forme negl' insetti acquatici.

Dianzi abbiamo veduto che l'apparecchio della respirazione acquista negl' insetti considerevole sviluppo. Di leggieri si può quindi imaginare che tale funzione deve esercitarsi con grande attività in questi animalucci. Infatti, se la si confronta colla quantità ponderabile di materia organica di cui componesi il loro corpo, gl'insetti fanno un enorme consumo d'ossigeno. Le farfalle, per esempio, a malgrado della loro reputazione, bruciano costantemente d'eterna fiamma.

Veniamo adesso ai pesci.

Basta guardare per un istante un pesce nell'acqua per iscorgervi due grandi aperture dietro la testa: sono le orecchie; il loro margine anteriore è mobile, e si solleva ed abbassa come il battente d'una porta, per servire alla respirazione.

Sotto questa specie di coperchio sono situate le *branchie* (fig. 36), organi della respirazione degli animali acquatici. Sono essi laminelle strette e lunghe, frangiate, disposte parallelamente a mo' di denti d'un pettine, e che sono assicurate ad una lamina ossea detta *arco bronchiale*. Esse nuotano così nell'acqua aereata, che deve servire alla respirazione dell'animale.

Ecco in qual modo succede la funzione respiratoria. L'acqua entra dalla bocca, passa, con un movimento di deglutizione, tra le fessure che gli archi bronchiali lasciano fra essi, giunge alle branchie, di cui inonda la larga e molteplice superficie, e sfugge infine al di fuori dalle aperture delle *orecchie*. Non v'ha chi non abbia potuto osservare questo doppio movimento.

Durante il contatto dell'acqua e delle branchie, il sangue che circola nel tessuto di questi organi, e che dà loro il noto color rosso, combinasi chimicamente coll'ossigeno dall'aria, dall'acqua tenuto sempre in

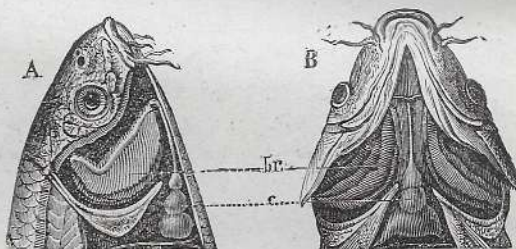



Fig 36. — Respirazione dei pesci. Branchie del carpione. (*br.*: branchie. — *c.*: cuore).

soluzione, quand'essa scorre liberamente, alla solita temperatura, in presenza dell'aria. Il sangne diventa così ossigenato o arterioso. — Tutti sanno che i pesci vivono nell'acqua, ma non tutti sanno che se si sottraesse l'aria all'acqua i pesci morrebbero!

Eppure è certo che su questo pianeta l'atmosfera regge ovunque da sovrana le funzioni della vita, tanto per rispetto agli abitatori delle acque, quanto per quelli del suolo e dell'aria.

La stessa conclusione deducasi dall'attento studio del regno vegetale. La pianta *respira*. Essa respira al pari degli animali, cioè il suo succo, il quale non è altro che il suo sangue, è messo al contatto dell'aria col mezzo delle foglie e delle parti verdi che rappresentano gli organi respiratorî. Sotto l'influenza dei raggi solari, questi organi assorbono l'acido carbonico sparso nell'aria, lo decompongono, sviluppano il carbonio che si fissa nel tessuto vegetale e restituiscono l'ossigeno all'atmosfera.

Ma la respirazione delle piante (fig. 37) non è sempre la stessa. Nel

mentre gli animali notte e giorno esalano continuamente vapore acquoso e gas acido carbonico, la pianta possiede due modi di respirazione; l'uno diurno, nel quale le foglie assorbono l'acido carbonico dell'aria, decompongono questo gas e sviluppano l'ossigeno; l'altro notturno ed inverso, nel quale la pianta assorbe ossigeno e sviluppa acido carbonico, cioè respira nella stessa guisa degli animali.

Importa osservare che, così come abbiamo detto, nei vegetali respirano soltanto le parti verdi. Le parti non colorate di verde, i fiori, i frutti maturi, le sementi, le foglie rosse e gialle, ecc., respirano, sia alla luce, sia all'oscurità, nello stesso modo degli animali: assorbono ossigeno e sviluppano acido carbonico.

Se considerasi che le parti verdi delle piante sono numerosissime al confronto di quelle d'altro colore; — che le chiare notti dei paesi caldi e luminosi non fanno che scemare anzi che interrompere la loro respirazione diurna; — che la stagione dei giorni lunghi ne' paesi settentrionali è quella della maggior attività locale, tali fatti concorrono a farci persuasi che le piante vivono molto più alla luce che nell'oscurità, e che per conseguenza la loro respirazione diurna è preponderante sulla notturna.

Fig. 37. — Respirazione delle piante. Stomati.

Questi organi respiratorî della pianta, i quali hanno ricevuto il nome di *stomati* (dalla parola greca *stoma* bocca), si compongono di un numero di cellette aereate poste sotto l'epidermide delle foglie; le più grandi hanno il diametro di 33 millesimi di millimetro. Sulla foglia della quercia se ne contano 250 ogni millimetro quadrato. Ciascuna di queste *celle* è in comunicazione coll'aria esterna mediante una piccola apertura lasciata fra due cellule di forma speciale ed il cui riavvicinamento costituisce due labbra. In queste boccuzze l'aria mettesi in relazione, attraverso le pareti cellulari, coi liquidi sierosi che esalano (durante il giorno) un eccesso di gas ossigeno, e assorbono in quella vece una certa quantità d'acido carbonico.

Le cellule che circondano l'apertura dello stomaco sono igroscopiche, esse possono, sotto l'influenza dell'umido e della siccità, allargarsi o restringersi: quindi allargare l'apertura o restringerla, e con siffatto mezzo favorire o imbarazzare l'uscita dei gas e dei vapori.

Questa respirazione diurna delle piante, che versa nell'aria considerevole quantità di gas ossigeno, per buona ventura ci compensa degli effetti della respirazione animale, che produce acido carbonico, gas non confacente alla vita dell'uomo. Le piante dunque purificano l'aria alterata dalla respirazione dell'uomo e degli animali. Se gli animali tras-

formano in acido carbonico l' ossigeno dell' aria, le piante ripigliano quest'acido carbonico nella respirazione diurna; esse fissano il carbonio ne' recessi de' loro tessuti e restituiscono all'atmosfera un ossigeno riparatore.

Meglio non potremmo finire questo studio del lavoro dell'aria nell'organismo delle piante, che cercando la cifra di tale lavoro compiuto sulla intera superficie de' continenti.

Un'ettara di bosco toglie all'aria e fissa annualmente ne' suoi tessuti 4000 chilogrammi di carbonio. Un'ettara d'erba ne fissa 3500; un' ettara di topinambur 6000. Ora, un' ettara rappresenta 100 milioni di centimetri quadrati, e dal Sole giungono alla superficie del suolo 115 000 unità di calore in un anno, cioè 115 000 volte il calore che inalzerebbe un grammo d'acqua da 0 ad 1 grado.

Or dunque un chilogrammo di carbonio fornisce 8000 unità di calore. Se calcolasi la fissazione dell'acido carbonico come equivalente in media a 3000 chilogrammi di carbonio ogni ettara, vi sarebbero quindi 240 000 000 di unità di calore spiegato sopra un'ettara dalla fissazione dell'acido carbonico dell'aria nelle piante, quando respirano sotto l'influenza della luce; 24 miliardi su 1000 ettare.

La Francia ha una superficie di 55 350 000 ettare, e però, in un anno, si calcolano 166 miliardi di chilogrammi di carbonio fabbricato dai vegetali, ciò che rappresenta una quantità di calore capace di elevare d'un grado centigrado 1 328 000 miliardi di chilogrammi di acqua a 0.°

L'Europa, con una superficie di 1 miliardo di ettare, rappresenta un annuo prodotto di 3000 miliardi di chilogrammi di carbonio.

La superficie terrestre occupata dal regno vegetale misura 13 miliardi di ettare. In questa superficie intera le piante assorbono in un anno l'enorme quantità di carbonio rappresentata della cifra di 40 trilioni di chilogrammi di carbonio puro.

Un uomo consuma in un'ora un peso minimo di carbonio eguale a 9 grammi. In un giorno il peso del carbonio consumato è di 216 grammi, in un anno è di circa 79 chilogrammi. In tal guisa in un anno, un uomo di proporzioni comuni consuma un pezzo di carbonio il cui peso è almeno uguale al suo. Se tentasi di rappresentare il volume di carbonio consumato per fare dell' acido carbonico, soltanto nel corso della vita di un uomo, da tutti i rappresentanti dell'umanità, da tutti gli animali, da tutti i vegetali durante la notte e dalle loro parti colorate durante il giorno, da tutti i focolari di lenta combustione e di combustione ricca, dinanzi alla sorpresa imaginazione ergesi un' immensa montagna di carbone.

L'uomo o l'animale, nutrendosi di vegetabili, mangia dunque carbone, diventa paragonabile ad un fornello, il suo combustibile è sostituito

dal suo nutrimento, e l'ossigeno ch'egli toglie all'aria compie dentro di lui questa combustione chiamata respirazione.

Così la pianta nutre l'animale e l'animale la pianta. Tutti gli esseri viventi sono legati dalla più stretta solidarietà. « Esaminati i fenomeni più da vicino, riesce evidente, dice il dottore Bocquillon, che il regno organico è interamente collegato al regno inorganico, che tutto nella natura ha una funzione da compiere, che nulla v'ha d'inutile, che la soppressione radicale del più piccolo essere, del menomo granello di polvere, se fosse possibile, cagionerebbe un cataclisma universale. »

In conclusione, il nostro modo di esistenza terrestre è regolato per funzionare sotto la pressione atmosterica. Potrebbersi supporre tutti gli esseri terrestri ridotti alla loro più semplice espressione, ai loro polmoni, che si gonfiano e si contraggono ogni secondo; è il quadro della vita terrestre. Siamo come *altrettanti mantici*, quali più grossi, quali più piccoli, ma che soffiano tutti sotto pena della morte, aspirano l'ossigeno, respingono l'acido carbonico, che senza posa si empiono e si vuotano, che ricevono la molecola spiccantesi da un essere vicino, mandandone una estratta da noi stessi ad altro animale, e stabilendo fra gli esseri, vegetabili ed animali, uno scambio continuo di molecole che mantiene l'immensa, profonda ed assoluta fraternità di tutti i figli della natura.

La pressione atmosferica inaugura il primo atto della commedia che noi veniamo a recitare sulla Terra, e lo scioglimento è per tutti l'ultimo *sospiro*. Il bambino appena nato apre la boccuzza per aspirare quest'aria che resterà il suo sostegno nella vita; è il suo primo bisogno. Respirare è il primo punto, ma nutrirsi è il secondo. Ora è la pressione atmosferica che gli fornirà quest'ultimo, perocchè applicando le piccole labbra sul seno che gli viene offerto, tosto egli inventa appunto una macchinetta pneumatica, colla quale sottrarrà il dolce liquore destinato a' suoi primi mesi.

Gli stessi alimenti che pigliamo durante la intera vita sono costituiti dai principî chimici dell'aria. Noi non mangiamo nè beviamo che combinazioni d'aria, così come ho detto in principio di questo capitolo, e siamo veramente aria organizzata. Respirazione, alimentazione, conservazione dei tessuti, funzionamento degli organi, è l'atmosfera che regna sovrana sull' intera vita.

CAPITOLO VII.

Il suono e la voce.

Tra gli effetti dell'atmosfera nella vita terrestre, tra i felici risultati che debbonsi alla sua presenza intorno al globo, altro de' più importanti e più fecondi è indubbiamente quello di essere il veicolo degli umani pensieri, e di avvolgere il mondo in una sfera di armonia e di attività, che non esisterebbe senza di lei.

Se noi, dopo aver vissuto pochi anni appena nella Luna, ascendessimo un giorno dal pianeta Luna al pianeta Terra ed arrivassimo qui nel mezzo de' nostri animati villaggi o delle nostre città popolose, sentiremmo bruscamente allora quale sia l'immensità del còmpito del suono nella natura.

La spiaggia dei mari sente senza posa l'eterno sospiro dei flutti e delle onde, e la voce dell'Oceano rintrona tra le vaste roccie di granito ed agitasi perennemente intorno alle scogliere. A questo solenne clamore delle liquide pianure risponde il permanente mormorio delle correnti aeree, dalle regioni equinoziali, commosse per la collera ruggente delle bestie feroci, fino alle calme glaciali dei circoli polari. Nel folto dei taciti boschi, l'orecchio attento sente svanire l'apparente silenzio e vien colpito dal mormorìo confuso delle mille voci della natura: gli uccelli che si chiamano, il ruscello che scorre, il vento che curva i rami, il succo ardente che s'inalza e fa screpolare l'epidermide degli alberi, la foglia che cade o l'insetto che brulica e ronza. L'atmosfera è piena di voci diverse; al sospiro meditabondo della cascata succede il rotolarsi della valanga; al pigolìo del nido segue lo scoppio sfolgorante del tuono; dopo la pace pura e serena dei solitarî paeselli ritroviamo il tumulto delle grandi città, le grida tristi e gioconde degli uomini, poi il prestigio della conversazione, i dolci colloquî della sera e le voluttuose carezze della musica.

L'uomo, le cui prime impressioni non furono guaste dalla soceta di un mondo triviale, non vede mai senza piacere le vive tinte dell'aurorà e del crepuscolo, le graziose gradazioni di colore dell'arcobaleno, le ma-

gnificenze d'un'aurora boreale. E la riproduzione fedele della nostra propria imagine, colle più fine e più delicate espressioni della fisionomia, quanto non ecciterebbe la nostra sorpresa ed il nostro entusiasmo se l'osservassimo per la prima volta! Un fenomeno più ammirabile, forse, è quello della parola. — Qual meraviglia nel vederla comunicarsi con tanta fedeltà all' orecchio di migliaja di uditori, il cuore e la mente dei quali essa tiene sospesi! Come mai alcuni atomi di materia possono dar corpo al pensiero, spiegare e far dividere con altrui perfino le più sottili gradazioni delle passioni e dei sentimenti?

Che cosa è il suono?

È un movimento prodotto nell'aria e trasmessovi da successive on-

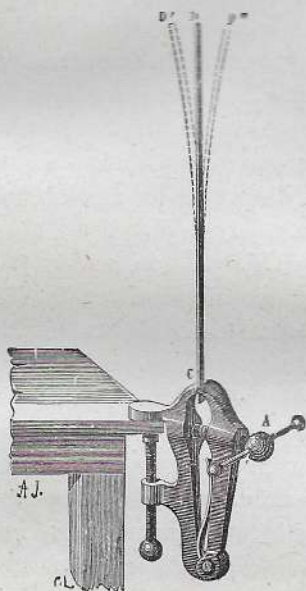
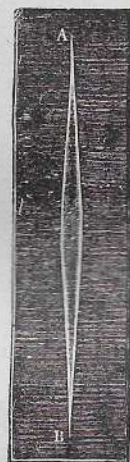



Fig. 38. — Vibrazione di una lama. Fig 39. — Vibrazione di una corda.

dulazioni. Perchè questo movimento vibratorio sia percepito dall'orecchio, bisogna ch'esso non sia nè troppo lento, nè troppo rapido. Quando l'aria, agitata dal suono, vibra in ragione di 60 ondulazioni ogni minuto secondo, essa dà il suono più *sordo* che noi possiamo udire. Allorchè queste vibrazioni raggiungono la cifra di 400 000, abbiamo il suono più *acuto* che possa colpire il nostro nervo uditorio.

Se vogliamo apprezzare la natura del movimento sonoro, supponiamo che fra le ganascie d'una morsa (fig. 38) si assicuri una estremità d'una ama elastica, che si allontani l'estremità superiore di questa dalla posizione verticale e la si abbandoni poi a sè stessa. In virtù della sua elasticità, la lama ritornerà al posto primitivo; ma per effetto dell'acquistata velocità lo oltrepasserà ed eseguirà intorno alla verticale una

serie di oscillazioni, la cui ampiezza andrà gradatamente decrescendo e finirà col cessare dopo uno spazio più o meno lungo di tempo.

Finchè la lama elastica è abbastanza lunga, le vibrazioni si ripetono con una certa lentezza, sicchè l'occhio può direttamente seguirle; ma di mano in mano che la lama si raccorcia, il moto vibratorio si fa sempre più rapido, talchè giunge il momento in cui cessa di essere percettibile alla vista. Ma quando cessa, per così dire, la parte che dovrebbe rappresentare l'organo della vista, comincia quella dell'udito, e l'orecchio ode un suono perfettamente chiaro, la cui natura dipende inoltre dalle condizioni fisiche del corpo vibrante.

Altro esempio della produzione del suono ci vien fornito dalla vibrazione d'una corda (fig. 39) ferma alle estremità *A B* e scossa nel mezzo. Il suo stato vibratorio è reso sensibile dalla forma di fuso allungato ch'essa presenta. A motivo della persistenza delle impressioni sulla retina e della velocità del movimento vibratorio, l'occhio vede la corda in tutte le posizioni nello stesso istante, essendo la durata d'una vibrazione inferiore a quella d'una impressione luminosa, che è di un decimo di secondo.

Il suono dunque non è sempre l'impressione sull'organo dell'udito, cagionata dallo stato vibratorio d'un corpo. Ma l'esistenza del corpo vibrante da un lato e dell'orecchio dall'altro non basta per determinare l'impressione: bisogna che un rapporto si stabilisca fra il corpo e l'organo, a questa comunicazione è prodotta coll'intermediario d'un mezzo ponderabile liquido o gasoso, costituito da una materia più o meno elastica. Supponendo che un corpo vibrasse in uno spazio assolutamente vuoto, oppure in un mezzo affatto privo di elasticità, l'orecchio, posto ad una certa distanza, non percepirebbe, non udrebbe suono di sorta: il suono, nel senso proprio della parola, non esiste.

E però, in succinto, si può dare la definizione seguente del suono: *Il suono è l'impressione prodotta dalle vibrazioni di un corpo, trasmesse fino all'organo dell'udito per opera di un mezzo ponderabile ed elastico qualunque.*

Con quale velocità si propaga il suono?

Le prime misure esatte furono date nel 1738 da una commissione dell'Accademia scientifica, della quale facevano parte Lacaille e Cassini di Thury.

Alcuni cannoni erano stati collocati a Montlhéry ed a Montmartre ed era stato convenuto che cominciando ad una data ora si sarebbero tirati varî colpi ad uguali intervalli; gli osservatori avrebbero misurato il tempo trascorso tra l'apparizione della luce e l'arrivo del rumore. Questa durata trovossi in media di 1 minuto e 24 secondi per una distanza di 29 000 metri circa, il che dà una velocità di 337 metri per secondo, a un dipresso.

Tali esperienze furono ripetute (fig. 40) nel 1822 dall'Ufficio delle longitudini; gli osservatori erano Arago, Gay-Lussac, Humboldt, Prony,

Bouvard e Mathieu. Si scelsero per stazioni Montlhéry e Villejuif, distanti 18 613 metri l'una dall'altra, e si trovarono alla temperatura di 16°, per la velocità di trasmissione, 340 metri per minuto secondo.

Buon numero di esperienze dello stesso genere furono eseguite in diversi paesi. Anche recentissimamente il signor Regnault si è occupato del medesimo oggetto, valendosi di tutti i mezzi dati dalla fisica moderna, e specialmente dei segni telegrafici, per notare il momento della partenza dei colpi di fuoco e quello dell'arrivo del suono.

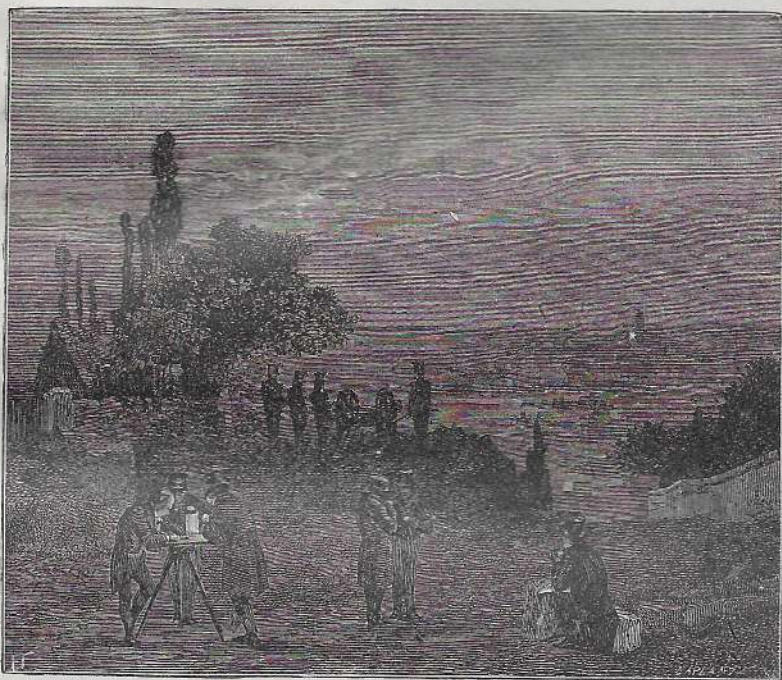



Fig. 40. — Misura della velocità del suono nell'aria, ottenuta dall'Ufficio delle longitudini.

La velocità del suono varia a seconda della densità ed elasticità dell'aria, e per conseguenza a seconda della sua temperatura. Dietro le più precise misure, noi possiamo offrire la piccola tavola che segue sulla velocità del suono nell'aria:

Temperatura	Velocità per secondo	Temperatura	Velocità per secondo
— 15°	322	+ 20°	342
— 10	326	+ 25	345
— 5	329	+ 30	348
0	332	+ 35	351
+ 5	334	+ 40	354
+ 10	336	+ 45	357
+ 15	339	+ 50	360

Il suono propagasi nell'aria per mezzo di ondulazioni successive, le quali possono essere paragonate, in digrosso, alle onde circolari che si producono alla superficie dell'acqua intorno al punto agitato dalla caduta di un sasso. Ma in realtà queste ondulazioni sono fenomeni assai differenti. Nelle onde liquide le molecole sono alternativamente sollevate od abbassate in ragione del livello generale, ma non provano verun cambiamento di densità; tal cambiamento invece è caratteristico nelle onde sonore. Tuttavia havvi in questi due fenomeni una circostanza comune, cui importa notare. L'onda non produce nessun vero movimento di trasporto; per cui quando le onde liquide si succedono, se si osserva un piccolo corpo galleggiante, lo si vede alternativamente sollevato ed abbassato, ma nello stesso posto alla loro superficie. Così pure, nelle onde sonore, le molecole dell'aria eseguiscono dei moti alternativi nel senso della propagazione del suono; ma il centro di questi moti resta invariabile.

Fig. 41.
Campanello battuto nel vuoto.

L'educazione scientifica deve insegnarci a vedere nella natura tanto l'invisibile quanto il visibile; a delineare e dipingere agli occhî della mente ciò che sfugge agli occhî del corpo. Noi possiamo, con un po' d'attenzione, formarci la vera idea dell'onda sonora; vedere cioè mentalmente le molecole d'aria compresse dapprima le une contro le altre, poi ricondotte immediatamente dopo questa condensazione, per un effetto contrario di dilatazione o di rarefazione; noi ci rappresentiamo così un'onda sonora come composta di due parti: nell'una l'aria è condensata, nell'altra invece è rarefatta Una condensazione ed una dilatazione, ecco dunque ciò che costituisce essenzialmente l'onda sonora.

Ma se l'aria necessita per la propagazione del suono, che avverrà quando un corpo sonoro, un campanello d'orologio, per esempio (fig. 41), sarà posto in uno spazio vuoto d'aria? Avverrà che dallo spazio vuoto non potrà uscire alcun suono. Il martello batterà il campanello, ma senza rumore. Il fisico Hawksbee dimostrò questo fatto nel 1705, con una memorabile esperienza, al cospetto della Società reale di Londra. Collocò una campana sotto il recipiente della macchina pneumatica, in maniera che il colpo del battente poteva continuare a ripetersi, dopo che l'aria era stata levata. Finchè il recipiente era pieno d'aria si sentiva il suono della campana; ma si cessò di udirlo, o per lo meno esso divenne eccessivamente debole, non appena fu ottenuto il vuoto. Ecco un apparecchio che permette di meglio ripetere l'esperienza di Hawksbee. Sotto

il recipiente B, compresso contro il piatto d'una macchina pneumatica, trovasi un movimento d'orologio A con soneria. Il martello è trattenuto dallo scatto c. Si toglie l'aria più perfettamente che è possibile, poi col mezzo di una stanghetta g, che attraversa la sommità del recipiente senza permettere all' aria esterna di introdurvisi, si lascia cadere lo scattino d, che trattiene il martello b. Il campanello a vibra *silenziosamente*. Ma se lasciasi rientrare l'aria nel recipiente, sentesi subito un suono, debolissimo sulle prime, che si fa più forte in ragione del condensarsi dell'aria.

A grandi altezze nell'atmosfera, l' intensità del suono è notevolmente diminuita. Giusta i calcoli di Saussure, la detonazione d' un colpo di pistola sulla vetta del Monte Bianco equivale a quella d'un semplice petardo comune al livello della pianura.

Poichè è dimostrato che non vi ha suono nel vuoto, potrebbero accadere spaventose catastrofi attraverso gli spazî planetarî, senza che ne giungesse il più leggiero rumore fino alla superficie della terra. Si è rappresentato il movimento vibratorio dell'aria come un'onda circolare, che si propaga in tutti i sensi con eguale velocità e che va diminuendo in ragione della distanza. Ove si ferma, ove si spegne il suono? Sembra ciò avvenga in quel punto dello spazio in cui cessa di essere percepito dal senso più delicato; ma questo limite varia da individuo ad individuo secondo l'organizzazione o le abitudini. Non è da porsi in dubbio che l'onda aerea continui a propagarsi da lungi anche allorquando l'organo più esercitato non ne ha la sensazione. Nei luoghi molto popolati, il rumore incessante mantenuto nell'aria da tante migliaja di persone stabilisce differenze caratteristiche fra il giorno e la notte; questi rumori si incrociano, si confondono, si propagano, sebbene in maniera confusa, e dominano ogni rumore speciale. Il silenzio è il compagno delle tenebre e del deserto. Durante la notte nulla diminuisce l' intensità del suono, e l'orecchio percepisce in tutta la loro forza il rumoreggiare della tempesta, il fischiar del vento, il muggito delle onde, lo stridìo dell'uccello selvatico e l'ululato delle bestie feroci; e quindi è allora che nascono nell'anima timorosa le pusillanimi paure ed i superstiziosi terrori... Attraversando in una notte oscurissima le pianure della Charente in pallone, lo scorrere di un fiume parevami eguale in intensità al fracasso di grosse cascate d' acqua, ed il gracidare delle rane inalzavasi qual nota lamentevole fino ad un chilometro all' incirca. Oltre tre chilometri cessa ogni rumore. Io non ho mai provato un silenzio più assoluto e solenne come nelle grandi altezze dell'atmosfera, in quelle solitudini diacciate ove non giunge verun suono terrestre.

Due condizioni determinano essenzialmente, dice Tyndall, la velocità dell'onda sonora, e queste sono l'elasticità e la densità del mezzo ch'essa attraversa. L'elasticità dell'aria si misura dalla pressione che l'aria me-

desima sopporta ed alla quale fa equilibrio. Noi abbiamo veduto che al livello del mare questa pressione è eguale a quella d'una colonna di mercurio di 76 centimetri. Sulla cima del Monte Bianco la colonna barometrica oltrepassa appena la metà di tale altezza, e per conseguenza, al punto più elevato di questa montagna l'elasticità dell' aria non ha che la metà circa del suo valore alla riva del mare.

Se potessimo accrescere l'elasticità dell'aria senza aumentarne in pari tempo la densità, aumenteremmo la velocità del suono. Così pure la accresceremmo se potessimo diminuire la densità senza far variare l'elasticità. Ciò posto, l'aria riscaldata entro un vaso chiuso dove non possa dilatarsi, ha accresciuta la propria elasticità per mezzo del calore, mentre la densità rimane inalterata. Nell'aria così riscaldata, il suono si propagherà dunque più rapidamente che non nell'aria libera. Parimente l'aria a cui si lascia libertà di dilatarsi ha la densità diminuita dal calore, mentre la sua elasticità non si altera, e quindi propagherà il suono con maggiore velocità dell'aria fredda: il che avviene quando la nostra atmosfera è riscaldata dal sole. L'aria si dilata e si alleggerisce, volume per volume, entro la sua pressione, o, in altri termini, la sua elasticità rimane la stessa. Per tal modo si spiega la definizione che la velocità del suono nell'aria è di 332 *metri ogni secondo, alla temperatura del ghiaccio che si scioglie.* A temperatura più bassa la velocità è minore, a temperature più alte è maggiore, e ciò dà in media una differenza di 6 decimetri per ogni grado di temperatura.

Sotto la medesima pressione, vale a dire colla medesima elasticità, la densità dell' idrogeno è molto minore di quella dell'aria, e però la velocità del suono nel gas idrogeno *supera* considerevolmente la velocità del suono nell'aria. Il contrario verificasi per l'acido carbonico, il quale è più denso dell'aria: in questo gas, sotto eguale pressione, la velocità del suono è minore che non lo sia nell'aria.

Il fatto che un'aria, anche molto rarefatta, può trasmettere suoni intensi è dimostrato dalle esplosioni di meteoroliti a grandi altezze; egli è vero che, in questi ultimi casi, la cagione iniziale della commozione atmosferica dev'essere di eccessiva violenza.

Il moto sonoro, come ogni altro movimento, s' indebolisce allorchè si comunica da corpo leggiero a corpo pesante. L'azione dell' idrogeno sulla voce è un fenomeno dello stesso genere. La voce si forma mediante l' injezione dell'aria dei polmoni nella laringe. Mentre passa da quest'organo, l'aria è messa in vibrazione dalle corde vocali, che per tal modo producono il suono. Ora, se riempionsi i polmoni d' idrogeno e si vuol parlare, le corde vocali imprimono ancora il loro movimento all' idrogeno, il quale lo trasmette all'aria esterna; ma codesta trasmissione di un gas leggiero ad un gas molto più pesante, ha per conseguenza una considerevole diminuzione della forza del suono. Quest'effetto è vera-

mente curioso. John Tyndall lo ha mostrato all' Istituzione reale di Londra. Riempito ch'egli ebbe i suoi polmoni di idrogeno, mediante una forte aspirazione, parlò: la sua voce, di solito robusta, era roca e cavernosa, il suo timbro era abbassato, sembrava uscisse dalle profondità di un sepolcro.

L' intensità del suono dipende dall' intensità dell'aria nella quale esso nasce, e non da quella dell'aria nella quale è udito.

L'onda sonora propagata in tutti i sensi, partendo dal punto in cui il suono è stato prodotto, si diffonde nella massa d'aria agitata, che va continuamente aumentando, e che perciò indebolisce ognor più il movimento propagato. Supponiamo intorno al centro di scuotimento uno strato d'aria sferica avente un metro di raggio; uno strato d'aria dello stesso spessore e il cui raggio è di due metri, contiene quattro volte più di aria; uno strato di tre metri di raggio ne contiene nove volte di più; uno strato di quattro metri ne contiene sedici volte di più, e così di seguito. La quantità di materia messa in moto aumenta dunque come il quadrato della distanza al centro di scotimento. L'*intensità*, ossia la forza del suono, diminuisce nello stesso rapporto. Si enuncia questa legge dicendo che l' intensità del suono varia in ragione inversa del quadrato delle distanze.

L' indebolimento del suono in ragione inversa del quadrato delle distanze non avrebbe più luogo, se l'onda sonora si propagasse in condizioni tali che non le permettessero di diffondersi lateralmente. Lanciando il suono in un tubo la cui superficie interna sia perfettamente liscia, otteniamo queste condizioni essenziali, e l'onda così confinata propagasi a grandi distanze, senza perdere quasi nulla della propria intensità. Così Biot, osservando la trasmissione del suono nelle tegole vuote degli acquedotti della città di Parigi, trovò che poteva tenere a voce bassa una conversazione alla distanza di un chilometro. Il più debole mormorio della voce era udito a tale lontananza, e la detonazione d'una pistola ad una estremità del tubo spegneva la candela messa all'estremità opposta.

L'eco dipende in gran parte dalla compressibilità od elasticità dell'aria. L'onda sonora, ripetiamo, si propaga indefinitamente e si perde poi nello spazio; ma se incontra un corpo capace di farle ostacolo, prova una reazione simile a quella della luce che cade sopra un corpo liscio; perchè l'eco si produca nettamente, è necessario vi sia la distanza di un decimo di secondo, o di 17 metri almeno, tra l'osservatore e la superficie riflettente. Ad una soverchia vicinanza, l' eco viene sostituito da un rintronamento confuso, che in certi edifizî non permette di udir la voce degli oratori.

Acuti o gravi, i suoni hanno una grande velocità, ossia percorrono 340 metri ogni secondo nell'aria a 16 gradi. Alla metà di questa distanza

l'eco risponde a quattro sillabe ripetute rapidamente; a lontananza più notevole, può ripercuotere nettamente un numero maggiore di sillabe ed anche intiere frasi. L'eco del parco di Woodstock, in Inghilterra, ripete diciassette sillabe di giorno e venti di notte. Secondo Plinio, ad Olimpia era stato costruito un portico che ripercuoteva i suoni venti volte. L'eco della Simonetta, presso Milano, ripeteva, dicesi, quaranta volte la stessa parola. La teoria non differisce punto per gli echi multipli; essi risultano da superficie riflettenti opposte, ove l'onda aerea è rimandata parecchie volte dall'una all'altra, come un raggio di luce tra due specchî paralleli.

I suoni percettibili trovansi rinchiusi entro i limiti di circa 60 e 40 mila vibrazioni semplici per secondo, limiti che per orecchie eccezionalmente sensitive possono venir oltrepassati. Le ondulazioni dell'etere, che producono il calore e la luce sono infinitamente più rapide. Il colore oscuro comincia a 65 trilioni di vibrazioni, i colori visibili sono compresi fra 400 e 900 trilioni, i raggi chimici giungono al quattrilione. Che avviene delle vibrazioni, il campo delle quali si estende da 40 000 fino a 400 trilioni, che sono troppo rapide per essere sonore e troppo lente per farsi sentir come luce?

Fig. 42.

L'organismo umano può paragonarsi ad un'arpa a due corde, che sono il nervo acustico e il nervo ottico. Il primo percepisce i movimenti vibratorî della natura compresi fra 60 e 40 000. Il secondo percepisce quelli compresi fra 400 trilioni e 900 trilioni. Tutti gli altri movimenti non incontrano in noi verun nervo atto a sentirli. Da ciò risulta che noi, della natura che ne circonda, solo conosciamo due ordini di fatti limitatissimi, e che può esistere sulla terra medesima, al fianco nostro, una quantità di cose le quali, non essendo in condizioni di essere nè vedute, nè udite, agiscono senza che noi possiamo saperlo.

Nell' insieme dei suoni percettibili (fig. 42), gli estremi limiti della voce umana sono l'ultimo *fa* di 87 e il *do* più alto di 4200 vibrazioni. Il suono ha quattro proprietà fondamentali: la durata, l'altezza, l'intensità e il timbro. Le tre prime si definiscono colle parole che servono ad esprimerle; quanto al timbro, è quella risonanza particolare ad ogni strumento, ad ogni voce, la quale fa sì che noi distinguiamo senza fatica i suoni del contrabasso da quelli del clarinetto o del flauto, e che riconosciamo le persone udendole parlare o cantare.

Il *timbro* dei suoni è stato a lungo pei fisici e pei fisiologi un enigma insolubile. Da pochi anni soltanto le belle esperienze del signor Helmholtz hanno dimostrato dipendere il timbro dal numero de' suoni armonici che si producono nello stesso tempo del suono fondamentale, e dalla loro intensità relativa.

L'intensità dei suoni emessi alla superficie della terra si propaga dal basso all'alto assai più facilmente che in ogni altra direzione, e si trasmette senza estinguersi fino a grandi altezze nell' atmosfera. Per citarne alcuni esempî presi ne' miei viaggi aeronautici, noterò dapprima che un brulichìo immenso, gigantesco, indescrivibile regna costantemente a tre o quattrocento metri al disopra di Parigi. Chi si inalzasse da un giardino relativamente silenzioso, poniamo dall'Osservatorio o dal Conservatorio, rimarrebbe altamente sorpreso di penetrare in un caos di suoni e di mille rumori diversi. Si troveranno nell'ap-

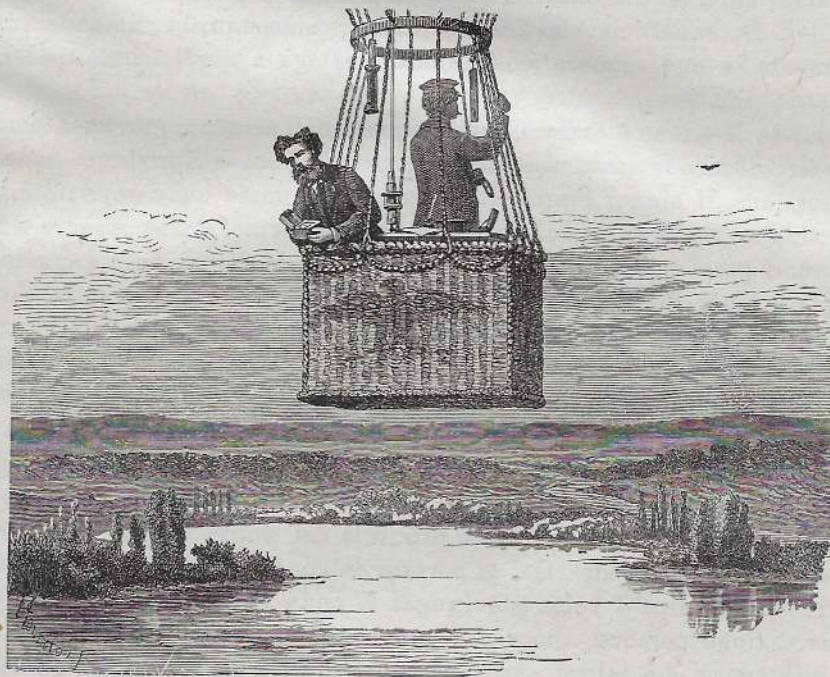



Fig. 43. — Studio della riflessione del suono alla superficie delle acque tranquille

pendice (1) alcuni particolari che dimostreranno ancor meglio questa ascensione di suono.

La miglior superficie per rimandare l'eco è quella di un'acqua tranquilla. Accade talvolta che un lago ripercuota distintamente la prima metà di una frase, mentre la seconda parte è difficilmente terminata dalla superficie irregolare del terreno della riva.

Io ho potuto, particolarmente, osservare la riflessione del suono su varie superficie e studiarne la propagazione nella verticale, attraverso strati di varie densità (fig. 43). Quando si è ad un'altezza piuttosto con-

(1) Vedi alla fine del volume, nota 1.

siderevole (3000 metri) un suono violento vien rimandato dalla terra con un timbro così singolare, che non sembra venga dal basso, e dà la sensazione di un accento uscito da altro mondo. Allorchè da un'altezza di poco rilievo (dai 300 ai 500 metri) lanciasi un grido verso la terra, si constata che la superficie delle acque tranquille è la migliore per la riflessione del suono. L'acqua agitata da brezza anche leggiera ripercuote già il suono con perturbazione. La superficie dei prati e dei campi è ancor peggiore. Io ho fatto queste esperienze con particolar cura e munito di cronometro, specialmente nel mio viaggio del 18 giugno 1867, passando sul lago di Saint-Hubert, non lungi dalla foresta di Rambouillet. La superficie elastica di un' acqua tranquilla rimanda integralmente le onde sonore, con fedeltà analoga a quella dello specchio riguardo alla luce.

Quando il suono è cessato, regna ancora nell'aria un movimento che può far vibrare le membrane disposte per ricevere e riprodurre codesta impressione. Il signor Regnault ha misurato queste *onde silenziose*, ha determinato i limiti di lunghezza a cui s'arresta l' onda sonora ed il cammino percorso dall'onda silenziosa che le sta dietro. In un condotto di gas, avente 3 decimetri di diametro, il colpo di una pistola carica di 1 grammo di polvere era sentito all' altra estremità, lontana 905 metri; e chiudendo il condotto con piastra di latta, l'eco di tal rumore era percettibile al punto di partenza del condotto medesimo, se però vi si prestava la massima attenzione. Il limite della portata dell'onda sonora qui era dunque di 3310 metri. La portata delle *onde silenziose* è molto maggiore. Quando esse non colpiscono più l'orecchio, mettono in vibrazione delle membrane molto più in là del punto in cui s'arrestano queste vibrazioni sonore. Qui la portata dell'onda silenziosa era di 11 834 metri, vale a dire 3 volte più lunga. L' onda silenziosa ha offerto all'osservazione percorsi ancor più considerevoli.

Aggiungerò che taluni anni or sono, il medesimo scienziato ha fatto un nuovo calcolo della velocità del suono nell'aria. Egli ha adoperato, per codesta misura, il metodo di cui avevano fatto uso i suoi predecessori, e cioè i colpi di cannone sparati reciprocamente da osservatori posti alle due stazioni. A tal uopo si scambiarono alcune centinaja di cannonate, nella pianura di Satory, con qualsiasi tempo ed a qualunque ora del giorno e della notte. Queste esperienze non fecero che confermare l'esattezza delle cifre date più sopra.

L' aria conduttrice del suono è in pari tempo la conduttrice degli odori e di tutte le esalazioni della superficie terrestre. Ma gli odori non sono costituiti da un movimento vibratorio, come il suono e la luce. Fourcroy ha stabilito pel primo che le emanazioni odorose sono dovute alla volatilità dei vegetali e dei materiali immediati, che gli odori sono formati da vere molecole sospese nell'aria, particelle materiali estrema-

mente tenui e volatilizzate nell' atmosfera. I profumi dei prati e dei boschi s' inalzano fino a certa altezza, e di là si propagano pel solo piacere degli aeronauti, e non pei sensi volgari di coloro che restano al basso.

Nulla dà una più esatta idea della divisibilità della materia quanto la diffusione degli odori; 5 centigrammi di muschio posti in una camera, vi sviluppano un odore fortissimo per parecchî anni, senza perdere sensibilmente di peso, e la scatola che li ha contenuti ne conserva quasi all' infinito il profumo. Haller dice che alcune carte profumate da un grano di ambra grigia erano ancora odorosissime dopo quarant'anni. Io mi ricordo d'aver comperato lungo la Senna, or sono dodici anni, un volume in foglio di Richenbach sull'*Od*, il quale aveva un odore di muschio molto pronunciato. Esso era rimasto, senza dubbio per buon numero di mesi, al sole, al vento ed alla pioggia. Dopo l' ho messo sopra un piano della libreria esposto all' aria. Testè l' ho sfogliato per caso, e sa di muschio più che mai.

Gli odori vengono trasportati dall'aria a considerevoli distanze. Un cane riconosce assai da lungi, per mezzo dell'odorato, l'avvicinarsi del padrone; e v' ha chi assicura che a dieci leghe dalle coste di Ceylan il vento trasporta l'olezzo delizioso delle balsamiche foreste. Di questi dolci profumi, del pari che dell'armonia e dell'attività della superficie terrestre, andiamo debitori all'atmosfera.

CAPITOLO VIII.

Ascensioni aeronautiche.

ASCENSIONE DELLE MONTAGNE.

DIMINUZIONE DELLE CONDIZIONI DELLA VITA A NORMA DELL'ALTEZZA.

Siccome l'aria è un fluido di un certo peso, analogo all'acqua quanto al principio della pressione, ma incomparabilmente più leggiero, come abbiamo già veduto, basta riflettere un solo istante per comprendere che, ponendo in esso un oggetto più leggiero dell'aria medesima, questo si inalzerà verso le regioni superiori, nell'istessa guisa che un corpo più leggiero dell'acqua, come il legno od il sughero, posto in fondo al l'acqua, risale alla superficie in ragione della sua leggierezza specifica.

Se l'atmosfera formasse sopra la superficie del globo un oceano omogeneo, avente la medesima densità in tutta la profondità sua, e conterminato, come il mare, da una superficie piana definita, ogni corpo di una densità minore della densità omogenea di tale oceano aereo si inalzerebbe, quando fosse abbandonato a sè stesso, per effetto della forza ascensiva, d'una spinta eguale alla sua differenza di densità, e porterebbesi a galleggiare alla superficie superiore di quell'atmosfera. Ciò è stato supposto da parecchî predecessori di Montgolfier, fra gli altri dal buon P. Galien, nel suo fantastico progetto di navigazione aerea, pubblicato nel 1755. Il suo famoso naviglio poteva contenere un peso 54 volte maggiore di quello dell'arca di Noè, le sue dimensioni erano quelle della città di Avignone e doveva oltrepassare di 83 tese la sua linea di galleggiamento, poichè l'ipotesi laboriosa del buon frate dichiarava che quel grande vascello di lamiera avrebbe navigato nell'atmosfera in virtù dei medesimi principî pei quali un vascello di linea galleggia sull'oceano!

Ma siccome la densità degli strati atmosferici diminuisce di mano in mano che si ascende, ogni oggetto più leggiero degli strati inferiori sale semplicemente fino alla regione di densità eguale al peso del volume d'aria che sposta, e questa regione non tarda a presentarsi, attesochè gli oggetti più leggieri che siansi potuti finora costruire (aero-

stati gonfiati coll' idrogeno puro) non offrono, in confronto del peso del volume d'aria che spostano, se non una differenza uguale a quella che separa, dalla densità degli strati inferiori, quelli posti ad altezza relativamente debole (da 10 a 15 000 metri al massimo, a meno di un aerostato di dimensioni gigantesche).

Archimede ha stabilito pei liquidi un principio che noi possiamo esattamente applicare al fluido atmosferico, enunciandolo così: Ogni corpo posto nell'atmosfera, perde una parte del suo peso assoluto, eguale al peso dell'aria spostata.

Dimostrasi questa perdita reale di peso dell' aria mediante una bilancia speciale, destinata, come lo indica il suo nome, a *vedere il peso:* il *baroscopio* (fig. 44). Un'estremità del raggio pesatore porta una sfera di rame vuota; l'altra estremità porta una piccola palla di piombo che fa equilibrio, nell'aria, alla sfera di rame. Se si mette questo apparecchio sotto la campana pneumatica, allorchè si è fatto il vuoto, la bilancia s'inclina dalla parte della sfera, la qual cosa mostra che *realmente* questa pesa più della massa di piombo che le faceva equilibrio nell'aria, o, in altri termini, ch'essa perdeva nell'aria parte del proprio peso, in ragione della superiorità del suo volume su quello del pezzetto di piombo. Se si vuol verificare col medesimo apparecchio, che questa perdita è appunto eguale al peso dell'aria spostata, si misura il volume della sfera; se questo è, per esempio, mezzo litro, siccome il peso di uno stesso volume d'aria è di grammi 0,65, si attacca al pezzo di piombo un peso identico e l' equilibrio si ristabilisce nel vuoto, per rompersi nell'aria.

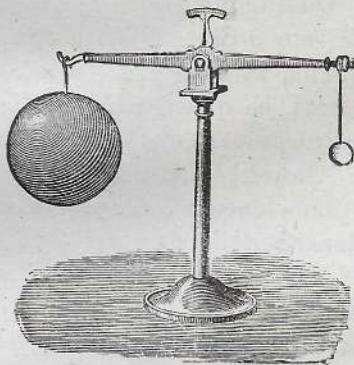



Fig. 44. — Baroscopio.

Notiamo così di volo, a tale proposito, che quando si pone un oggetto qualunque su una bilancia, non se ne ottiene mai il vero peso esatto, ma soltanto l'apparente. Per avere il peso reale di un oggetto, bisognerebbe pesarlo nel vuoto. E però ecco un errore costante ed abituale al quale non si pensa punto. Ma d' altronde, spingendo la questione fino all'ultimo, noi possiamo domandare cosa sia il peso reale di un corpo. Ora il peso reale di un corpo non esiste; è un semplice rapporto, risultante dal volume e dalla densità del pianeta sul quale viviamo. Un chilogrammo non costituisce una quantità assoluta, a dispetto delle apparenze. La prova si è che, trasportato alla superficie del Sole, il detto chilogrammo ne peserebbe quasi trenta (29,37), mentre peserebbe 2550 grammi alla superficie di Giove e non più di 220 grammi sulla Luna! Anche senza andar tanto lungi, basterebbe il supporre la

nostra atmosfera dotata di maggior densità perchè divenissimo ognor più leggieri, e di tanto più leggieri in proporzione del maggior posto che occuperemmo; o altrimenti, il figurarci che la terra girasse con velocità 17 volte maggiore perchè non pesassimo più nulla affatto nei paesi tropicali e pochi grammi alla latitudine di Parigi. Ciò servirebbe a confermare la dottrina di que' filosofi inglesi con a capo Berkely, i quali sostenevano la sola cosa reale essere che nulla v' ha di reale nel mondo.

Ma ritorniamo al peso dell' aria. Un aerostato altro non è che un corpo più leggiero del peso dell'aria che sposta, e che per conseguenza va a cercare l'equilibrio in una regione superiore, di debole densità, ove non sposterà più che un volume d'aria uguale al suo proprio peso: vedesi tosto che, lungi dall'essere in opposizione colle leggi del peso, l'ascensione dei palloni ne è una speciale conferma.

Qualunque sia la sostanza di cui ci serviamo per riempire un globo di seta o di taffetà, se l' insieme formato dall' inviluppo, il gas che lo gonfia, la navicella, la rete che lo sostiene, gli aereonauti e gl'istrumenti, se quest' insieme, dico, pesa meno dell'aria che sposta, esso costituisce così un appparecchio aerostatico, e s' inalza nell'atmosfera.

Allorchè Montgolfier per la prima volta lanciò un pallone nello spazio, questo pallone era semplicemente gonfiato ad aria calda. La densità dell'aria riscaldata a 50° è di 0,84, poichè quella dell'aria a 0° è rappresentata da 1. La densità a 100°, temperatura dell' acqua bollente, è di 0,72, ciò che non dà se non un terzo di differenza per la forza ascensiva.

La densità dell' idrogeno puro è senza confronto più debole, poichè è di 0,07, cioè 14 volte inferiore a quella dell'aria. Quella dell' idrogeno protocarbonato è di 0,55; quella del gas illuminante presenta lo stesso valore, cioè una leggierezza doppia all' incirca di quella dell'aria. Comunemente si fa uso di questo stesso gas illuminante che vien guidato sotto il pallone mediante un tubo.

Per una fortunata coincidenza, frequente nella storia delle scienze, il gas idrogeno fu scoperto precisamente nel tempo dell' invenzione degli aerostati. Nel 1782, il fisico Cavallo mostrò anche a Londra, nell'anfiteatro de' suoi corsi, delle bolle di sapone formate coll' idrogeno (fig. 45), che per la loro leggierezza specifica salivano fino al soffitto della sala. L'anno susseguente (5 giugno 1783) Montgolfier lanciò il primo aerostato.

Con un po' di attenzione e d'attività, Tiberio Cavallo avrebbe potuto rapire al fabbricante d'Annonay l' immortalità del suo ritrovato.

Un pallone gonfiato ad aria calda conserva il nome di *Mongolfiera*, in memoria dell'esperienza dello scienziato d'Annonay. Un pallone gonfiato a gas piglia il nome d'*Aerostato* (fig. 46), adottato sin dal primo

gonfiamento a gas eseguito dal fisico Charles, membro dell'Accademia delle scienze, e dai fratelli Robert, il 27 agosto 1783 a Parigi.

Per la prima volta una navicella fu sospesa ad un pallone sotto gli occhi di Luigi XVI e di Maria Antonietta, a Versailles, il 19 settembre 1783; ma i primi passeggieri di prova furono semplicemente un montone, un gallo ed un'anitra... Il primo vero viaggio aereo fu compiuto il 21 ottobre seguente da Pilâtre de Rosier e dal marchese d'Arlandes, che inalzaronsi in una mongolfiera dal castello della Muette (bosco di Boulogne) e discesero al sud di Parigi (Montrouge) dopo di aver attraversato il cielo della capitale.

Il momento della partenza fa sempre sull' animo una solenne im-

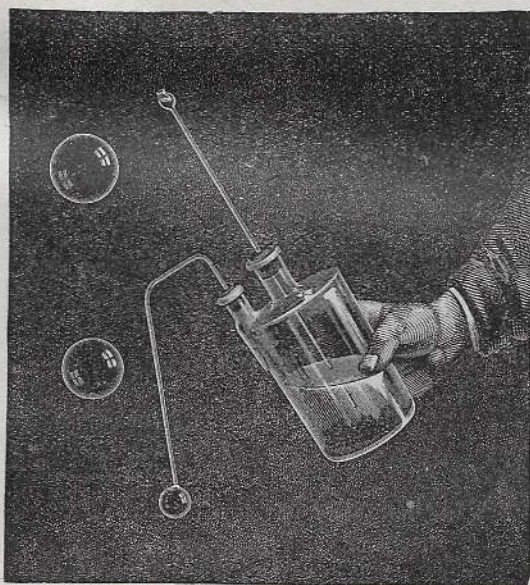



Fig. 45. — Bolle di sapone gonfiate coll'idrogeno.

pressione. Io ho percorso 600 leghe nell'atmosfera, in dieci viaggi diversi, ne' quali passai tre notti fra quelle tenebrose altezze, e quando ho il piacere di salire di bel nuovo nella navicella che sta per librarsi nelle regioni aeree, ogni volta provo un'impressione analoga a quella da cui fui dominato la prima volta che mi sentii trasportato nell'aria.

Il *sentirsi* trasportare non riproduce forse esattamente l'idea della situazione particolare in cui allora ci troviamo. Meglio sarebbe dire *vedersi* trasportato, giacchè non si sente movimento di sorta; chiunque si crederebbe immobile, è *la terra che discende.*

Queste impressioni personali sono quelle senza dubbio la cui descrizione può fornire l'idea più esatta della realtà. E però mi si permetta di ricordarne qui alcune. La mia prima salita avvenne la festa del-

l'Ascensione (25 maggio) dell'anno 1867. Una folla numerosa era accorsa ad augurarmi il buon viaggio. Alcuni intimi amici stavano vicino alla navicella e al di sotto, perocchè essa era già sollevata dal suolo; Eugenio Godard, verificato il perfetto equilibrio del pallone, ordina a quattro ajutanti di far scorrere nelle loro mani, senza però lasciarle sfuggire, le corde che trattengono la navicella: per cui ci troviamo pochi metri al disopra delle teste dei circostanti (fig. 47). Il cielo è puro, il vento è mite, la sfera aerostatica gonfiata d'idrogeno s'impazienta e infine tenta di elevarsi nel suo luminoso dominio. Allora Godard, pi-

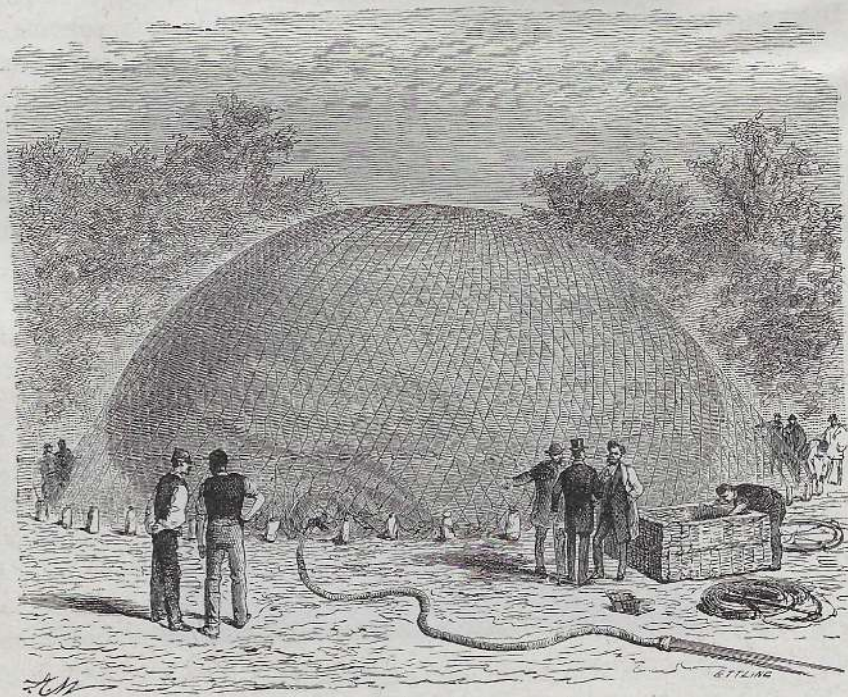



Fig. 46. — Gonfiamento d'un aerostato.

gliato un sacco di zavorra, comanda si abbandonino le corde, butta via alcuni chilogrammi di sabbia e l' aerostato s'inalza con maestosa lentezza verso il cielo che lo chiama. Io, visti gli istrumenti in bell'ordine, saluto colle mani il nostro gruppo d'amici, che già si restringe, e in breve più non appare che come un punto in mezzo alla immensità di Parigi, aperta per la prima volta sotto i miei occhî, colle sue torri, i suoi campanili, i suoi pinacoli, i suoi edifizî, i suoi *boulevards*, i suoi giardini, il suo fiume... capitale imponente la cui voce robusta sale nell'atmosfera come un gigantesco frastuono.

L'aerostato s'inalza descrivendo una linea obliqua, risultante di due forze componenti: la sua forza ascensiva da un lato e la velocità della

corrente aerea dall'altro. Se, come è conveniente per tutti i rispetti, fisici ed estetici, si ha cura di non dare all'aerostato che una leggiera forza ascensiva, allo sguardo abbagliato si vede svilupparsi il più splendido panorama, e lentamente del pari si tien conto delle indicazioni degl'istrumenti, che sarebbero erronee senza la precauzione di lasciar loro il tempo necessario per mettersi al grado del mezzo ambiente.

Se vuolsi navigare a poca altezza, come 800, 1000 o 1200 metri, per studî igrometrici speciali, si lascia che l'aerostato prenda una dire-

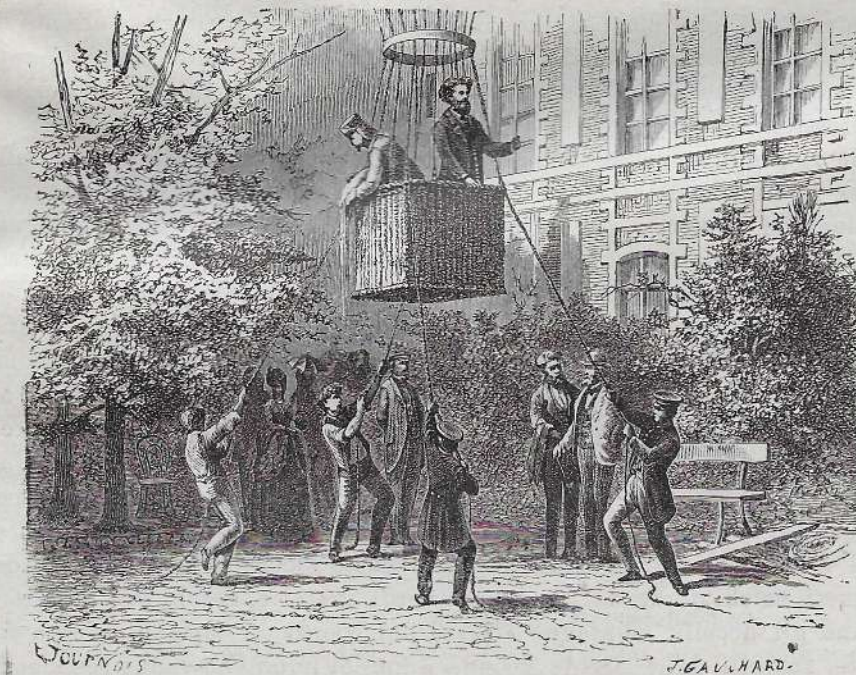



Fig. 47. — L'ascensione.

zione orizzontale non appena perviene allo stato atmosferico pari in densità al suo volume.

Se vuolsi invece elevarsi a grande altezza, bisogna alleggerire di zavorra, a porzioni fisse, l'aerostato.

L'aeronauta, il meteorista, l'astronomo che domina così nell'aria, trovasi nella situazione più degna d'invidia per l'uomo che vuole studiare l'atmosfera. Nel penetrare fra le nubi, nell'attraversarle per constatarne la luce ed il calore che le dominano, nel seguire l'uragano nella sua misteriosa formazione, nello studiare il prodursi della pioggia, della neve, della gragnuola, in una parola trasportandosi nel luogo stesso dove compionsi i fenomeni da esaminarsi, ivi soltanto l'osservatore è il vero signore del globo, superiore alla natura in virtù della

sua intelligenza contemplativa. Inutilmente si sciuperanno gli anni nell'imaginare ipotesi accanto al fuoco, tenendo sott'occhio libri ed apparecchî; in questa, come in altre cose, il miglior mezzo di sapere ciò che avviene è *d'andar a vedere*, dice un antico proverbio. E invero non c'è tentativo più fecondo di utili risultati.

Non intendo ritornare sopra un argomento esposto per esteso e completamente l'anno scorso in un'opera speciale. Lo scopo di questo capitolo non è di narrare i miei viaggi aerei, chè del resto i risultati scientifici in tali escursioni ottenuti si troveranno messi a profitto nei diversi studî che compongono il presente libro. Importava soltanto di stabilire la teoria generale dell'ascensione degli aerostati, ne' suoi rapporti collo studio dell'atmosfera, e di dar un'idea di queste curiose impressioni di viaggio.

Se i viaggi aerei possono essere con frutto applicati allo studio delle forze in azione dell'atmosfera e delle leggi che presiedono ai suoi movimenti sì numerosi, per la mente osservatrice sono ancora argomento speciale d'interesse, e le aprono una via affatto particolare di vasta e profonda contemplazione. Trasportato nei campi del cielo dal soffio invisibile dei venti e della sua leggierezza specifica, l'aerostato solitario domina le immense scene della natura, le pianure terrestri ove compionsi le fasi della storia umana. La terra, simile ad un planisfero, ad una carta geografica spiegata sulla pianura indefinita, si presenta con tutti i caratteri della sua topografia locale. Capitali sedute in riva ai fiumi, capoluoghi di provincie; innumerevoli villaggi disseminati per la campagna e che si succedono a centinaja, a mo' di quei castellucci che vedonsi disegnati sulle vecchie carte; colline fatte brune dai vigneti, solchi dorati dal frumento, verdi praterie, boschi ove gorgheggiano gli uccelli, montagne elevate dal cocuzzolo coperto di nere foreste, ruscelli dalle floride sponde e lunghi fiumi che vanno scendendo nei lontani mari; tutte le bellezze, sorridenti o severe, paesaggi e prospettive succedonsi lentamente sotto l'occhio sedotto dell'aeronauta, che senza provare la minima scossa, domina dall'alto, come in un sogno, fino al momento in cui posa il piede a terra sul suolo da lui diansi contemplato nelle regioni aeree.

Una impressione meno forte, ma tuttavia dello stess' ordine, ci colpisce nelle ascensioni delle montagne.

La purezza chimica dell'aria superiore, le sue qualità vive e aperitive, la variazione della pressione atmosferica, sono elementi fisici che bisogna far intervenire per spiegare l'influenza favorevole del soggiorno nelle altitudini mezzane. Quanto all'azione affatto morale che sulle organizzazioni impressionabili può esercitare la contemplazione delle montagne, ove la natura ha versato a piene mani quel misto di grazioso e di terribile che costituisce il pittoresco, nessuno oserebbe porla in dubbio.

« È un'impressione morale, dice G. G. Rousseau, che provano tutti gli uomini, quantunque non tutti vi abbadino, che sulle montagne ove l'aria è pura e sottile, sentesi il respiro più facile, il corpo più leggiero, l'animo più sereno; i piaceri vi sono meno ardenti, le passioni più moderate. Le meditazioni sono accompagnate da una voluttà tranquilla che non ha nulla d'acre nè di sensuale. Pare che nell'inalzarsi al disopra del soggiorno degli uomini ci spogliamo di tutti i sentimenti bassi e terreni, e che di mano in mano che ci avviciniamo alle regioni eteree, l'anima assuma qualcosa della loro inalterabile purezza. L'uomo vi sta grave senza malinconia, tranquillo senza indolenza, contento di vivere e di pensare. Dubito che qualsiasi agitazione violenta, qualsiasi malattia di vapori possa resistere contro simile soggiorno prolungato, e mi sorprende che i bagni nell'aria salubre delle montagne non siano compresi fra i grandi rimedî della medicina. »

Vuolsi però qui osservare che al di là dalle mezzane altitudini l'organismo umano può subire l'influenza funesta del cambiamento di pressione atmosferica, della siccità dell'aria e del freddo.

Le perturbazioni fisiologiche e le indisposizioni che si provano a grandi altezze sono conosciute da molto tempo, e fino dal quindicesimo secolo furono osservate e descritte da Da Costa sotto il nome di *male di montagna*. Più tardi, tutti gli *ascensionisti*, sia nelle Alpi, sia nelle Lande o nell'Himalaya, sia nel pallone, osservarono queste singolari perturbazioni dell'organismo, e stabilirono teorie più o meno razionali per ispiegarle. La principal causa evocata dopo Saussure era semplicemente la rarefazione dell'aria, ma siffatta rarefazione per qual serie d'azioni e di reazioni agisce sul corpo umano? È ciò ch'era difficile di comprender bene.

Nel 1804, Gay-Lussac e Biot pervennero in pallone fino all'altezza di 4000 metri. Il polso di Gay-Lussac da 62 pulsazioni al minuto era salito allora a 80, quello di Biot da 79 a 111. Nella memorabile ascensione del 17 luglio 1862, i signori Glaisher e Coxwell giunsero alla maravigliosa altezza di 11 000 metri. Prima della partenza, il polso di Coxwell contava 74 pulsazioni al minuto, quello di Glaisher 76. A 5200 metri il primo contava 100 battute, il secondo 84. A 5800 metri le mani e le labbra di Glaisher erano azzurre, non già il viso. A 6400 metri egli udì i battiti del suo cuore, ed il suo respiro era affannoso; a 8850 metri smarrì i sensi, e non rinvenne se non quando il pallone ritornò allo stesso livello. A 11 000 metri il suo aeronauta non potè più valersi delle mani, e dovette tirare la corda della valvola coi denti! Pochi minuti di più e perdeva i sensi, e probabilmente anche la vita. In quel momento la temperatura dell'aria era di 30 gradi sotto zero. Ciò non ostante negli aerostati l'osservatore se ne sta immobile quasi senza verun dispendio di forze, per cui può giungere a grandi altezze innanzi

di provare que' disturbi che arrestano molto tempo prima chi s'inalza col solo ajuto de' proprî muscoli sul fianco d'alta montagna (fig. 48).

De Saussure, nella sua ascensione al monte Bianco, il 2 agosto 1784, ha reso conto degl' incomodi che i suoi compagni e lui pativano già ad un' altitudine mezzana. Così, a 3890 metri sul Petit-Plateau dove passò la notte, le robuste guide che lo accompagnavano, per le quali alcune ore di marcia anteriore non erano assolutamente nulla, non avevano sollevate cinque o sei palate di neve per piantare la tenda, che già trovavansi nell' impossibilità di continuare; bisognava si dessero il cambio ad ogni momento; alcuni anzi si sentirono venir meno, e furono costretti di sdrajarsi sulla neve per non smarrire i sensi. « L'indomani, scrive Saussure, nel salire l'ultimo pendìo che conduce alla vetta, io ero costretto a ripigliar fiato ogni quindici o venti passi, quasi sempre stando in piedi, appoggiato alla mia canna; ma posso dire che ogni tre volte dovevo sedermi perchè il bisogno di riposo era assolutamente invincibile. Se tentavo di superarlo, le gambe mi rifiutavano il loro ufficio; io sentivo un principio di svenimento ed ero preso da vertigini indipendenti affatto dall'azione della luce, imperocchè il doppio velo che mi ricopriva il viso mi garantiva perfettamente gli occhî. Siccome, non senza vivo dispiacere, vedevo trascorrere così il tempo che speravo di consacrare sulla vetta alle mie esperienze, feci diverse prove per abbreviare questo riposo; tentai, per esempio, di non sciupare tutte le forze e di fermarmi un momento ogni quattro o cinque passi; ma non ci guadagnavo nulla, chè, percorsi quindici o sedici passi, ero costretto a prendere un riposo così lungo come se li avessi fatti di seguito; il maggior malessere poi non si fa sentire che otto o dieci secondi dopo che si è cessato di camminare. La sola cosa che mi facesse bene e mi rinvigorisse le forze era il fresco vento del nord; quando nel salire tenevo il viso rivolto da quella parte e aspiravo a pieni polmoni l'aria che ne veniva, io potevo fare venticinque o ventisei passi senza fermarmi. »

Bravais, Martins e Le Pileur, nella loro celebre spedizione al monte Bianco, nel 1844, provarono e studiarono gli stessi fenomeni sul Grand Plateau; nel liberare la tenda in parte ricoperta di neve, le guide si fermavano ad ogni momento per respirare. Una secreta indisposizione, dice Carlo Martins, appariva su tutti i volti, l'appetito era nullo. La guida più forte, più grande, più gagliarda, si accasciò sulla neve e poco mancò non fosse presa da sincope mentre il dottore Le Pileur le tastava il polso. Vicinissimo alla vetta, Bravais volle sapere quanto tempo avrebbe potuto resistere salendo colla maggior prestezza possibile; al trentaduesimo passo si fermò senza poterne fare uno di più (1).

---

(1) I disturbi sofferti dagli scienziati di cui abbiamo dianzi parlato e da molti altri viaggiatori, a grandi elevazioni, sono stati ordinati in un quadro tecnico che il lettore troverà all'Appendice, nota II.

Qui daremo termine a queste considerazioni relative alle grandi altezze, osservando che il luogo abitato più alto del globo è il chiostro buddista di Hanle (Thibet), dove venti sacerdoti vivono alla meravigliosa altezza di 5039 metri. Altri chiostri sono fabbricati ad altezza quasi uguale nella provincia di Guari-Khorsum, sulle rive dei laghi Monsaraur e Bakus, e vi si abita anche l'intero anno. In quelle regioni equatoriali

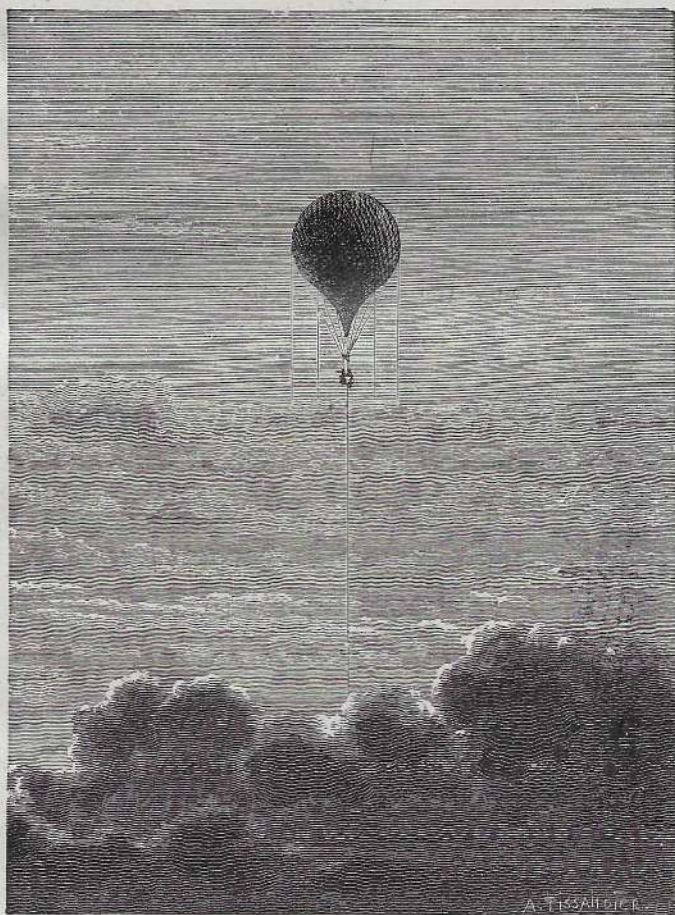



Fig. 48. — L'aerostato nell'aria.

si può ben vivere dieci o dodici giorni a 5500 metri, ma non si può dimorarvi molto tempo. I fratelli Schlagintweit, quando esploravano i ghiacciai dell'Ibi-Gamin, nel Thibet, si sono accampati e hanno dormito cogli otto uomini del loro seguito dal 13 al 23 agosto 1855, in quelle altezze eccezionali, di rado visitate da un essere umano. Nel corso di 10 giorni, il loro accampamento variò fra 5547 e 6442 metri, cioè all'altezza più considerevole alla quale un europeo abbia mai pas-

sata la notte. Questi tre fratelli sono riusciti, il 19 agosto 1865, a toccare l'altezza di 6704 metri, la più considerevole che uomo abbia raggiunto sopra una montagna. Ne' primi tempi soffrivano molto non appena oltrepassavano monti di 17 000 piedi, ma dopo alcuni giorni anche a 19 000 non sentivano più che una indisposizione passeggiera. È però probabile che un prolungato soggiorno a simili altezze non potrebbe avere per la salute che disastrose conseguenze.

Alcuni anni sono, Tyndall, per attendere ad osservazioni scientifiche, passò l'intera notte sulla vetta del monte Bianco, riparato solo da piccola tenda. Le guide che lo accompagnavano si ammalarono in siffatta guisa che la mattina del giorno susseguente dovettero tutte discendere colla maggior premura.

Da ultimo poi, il signor Lortet, che si era più volte elevato senza il menomo disturbo fino all'altezza di 4300 metri sui fianchi del monte Bianco, e che dubitava come 500 metri di più potessero cagionare i sintomi più sopra accennati, salì fino alla cima per constatarli personalmente. « Ora, egli scrive, mi è giocoforza confessarlo, sono stato convinto *de visu*, ed anzi un po' a mie spese, della reale esistenza degli incomodi che, incominciando da quell'altezza, assalgono colui che respira e specialmente colui che *si muove* in mezzo a quell' aria rarefatta. » — Quest'è pure il risultato delle mie personali osservazioni, ed ho constatato essere molto meno nocivo per le funzioni organiche l'inalzarsi a grandi altezze sedendo in una navicella, che calcando la neve.

Per completare il nostro panorama atmosferico, importa di vedere quali sono i più alti punti delle creste montagnose sulle quali la vita umana siasi stabilita, e quali sono le più alte cime delle catene mineralogiche che forano l'epidermide della Terra per allungare nell'atmosfera rarefatta il loro scheletro muto e diacciato.

Questi più alti luoghi abitati del globo sono:

Il chiostro buddista di Hanle (Thibet)	metri	5039
Chiostri sul pendìo dell'Himalaya . . . metri 4500 a	»	5000
La stazione di posta d'Apo (Perù)	»	4382
La stazione di posta d'Ancomarca (idem)	»	4330
Il villaggio di Tacora (idem)	»	4173
La città di Calamarca (Bolivia)	»	4161
La città d'Antisana (repubblica dell'Equatore)	»	4101
La città di Potosi (Bolivia), popolazione antica: 100 000	»	4061
La città di Puno (Perù)	»	3923
La città d'Orure (Bolivia)	»	3796
La città di La Paz (idem)	»	3726

Quito, capitale della repubblica dell'E quatore, è situata all'altezza di 2908 metri. La Plata, capitale della Bolivia, è a 2844 metri. Santa Fè di Bogota, a 2661.

Il più alto luogo abitato dell'Europa è l'ospizio del Gran San Bernardo, a 2474 metri.

I più alti passaggi delle Alpi sono: il passaggio del monte Cervino, a 3410 metri; quello del Gran San Bernando, a 2572; del colle di Seigne (2461) e della Furka (2439). I più alti passaggi de' Pirenei sono: il porto d'Oo (3000), il porto Viel d'Estaube (2561) e il porto di Pinedo (2500).

Le più alte montagne del globo sono:

Asia:	Il Gaurisankar, o monte Everest (Himalaya)	metri	8840
	Il Kanchinjinga (Sikkim, idem)	»	8582
	Il Dhaulagiri (Nepal, idem)	»	8176
	Il Juwahir (Kemau, idem)	»	7824
	Choomalari (Thibet, idem)	»	7298
America:	L'Aconaga (Chilì)	»	6834
	Il Sahama (Perù)	»	6812
	Il Chimborazo (repubblica dell' Equatore)	»	6530
	Il Sorata (Bolivia)	»	6487
Africa:	Il Kilimajaro	»	6096
	Il monte Woso (Etiopia)	»	5060
Oceania:	Il mowna-Roa, vulcano (isola Sandwich)	»	4838
Europa:	Il monte Bianco	»	4815
	Il monte Rosa	»	4636

Naturalmente sono gli uccelli che rappresentano la popolazione delle massime altitudini. Nelle Ande, il candoro, nelle Alpi l'aquila e l'avoltojo possono dominare sulle creste più alte. Questi animali, con una conformazione adatta ai più lunghi viaggi, sono i maggiori velieri dell'oceano atmosferico, così come le procellarie e le rondini di mare sono i maggiori velieri dell'Atlantico. La gracchia, specie di corvo nerissimo dal becco giallo e dagli artigli color rosso vivo, non vola a sì grandi altezze nell'atmosfera, ma è per eccellenza l'uccello delle alte cime, quello della regione delle nevi e delle sterili creste. Lo s'incontra sulla vetta del monte Rosa e sul colle del Gigante, a più di 4500 metri.

Vi sono uccelli più graziosi che vivono parimenti nella regione delle nevi, e ne animano alquanto l'immobile e triste paesaggio. Il fringuello della neve sta sì volontieri sulla fredda sua patria, che assai raramente discende fino alla zona de' boschi. L'*accenteur* delle Alpi lo segue a quelle grandi altezze: esso predilige la regione petrosa e sterile che separa la zona della vegetazione da quella delle nevi perpetue; gli uni e gli altri s'avanzano talvolta alla caccia degl' insetti fino all'altezza di 3400 o 3500 metri. La figura 49 rappresenta la serie delle specie principali d'uccelli, secondo l'altezza del loro volo.

Come l'aria, la terra ha i suoi uccelli. Alcune specie non si prevalgono delle ali che per pochi istanti e quando è loro impossibile il camminare; tali sono i gallinacei. La regione delle nevi ha la sua specie

propria ed i suoi passeri caratteristici. Il lagopede o gallina della neve incontrasi tanto in Islanda quanto in Isvizzera. Esso elevasi molto al disopra delle nevi perpetue e fermasi in quelle altitudini ghiacciate; tanto gli piace la neve, che all'avvicinarsi della state risale per ritrovarla, vi si annida e vi si ravvolge con voluttà. Alcuni licheni, i granelli trasportati dal vento, bastano al suo nutrimento; dà la caccia agli insetti coi quali nutre i pulcini.

Infatti sono gli insetti i soli animali che pullulino ancora in quelle regioni diseredate ; è una nuova analogia colle contrade polari. Parimente è la classe de' coleopteri che predomina nelle alte regioni delle Alpi; essi toccano sul versante meridionale l'altezza di 3000 metri, di 2400 sul versante opposto. Le loro ali sono sì brevi che ne pajono sprovvisti; direbbesi che la natura abbia voluto proteggerli contro le grandi correnti d'aria, che li trascinerebbero infallibilmente se le loro vele non fossero state in certo modo ammainate. E in vero s'incontrano talvolta altri insetti nevrotteri e farfalle, che i venti trasportano fino a tali altezze, e che vanno a perdersi in mezzo alle nevi. I ghiacciaî sono coperti di vittime morte in tal guisa. Però sonvi certe specie che pare salgano liberamente fino ad altezze di 4000 a 5000 metri. Nei miei viaggi aerei ho trovato delle farfalle ad altezze ove non mostravansi gli uccelli delle nostre latitudini e oltre 3000 metri sopra il suolo! Il signor J. D. Hooker ne ha vedute sul monte Monay, ad un'altezza di più di 5400 metri.

Tale è il quadro della vita animale sulle zone alpestri, dove la vegetazione va gradatamente scemando, finchè lascia libero il campo alla solitudine ed alla desolazione. Di là dell'ultimo piano della vegetazione, di là dell'estrema regione raggiunta dagli insetti e dai mammiferi, tutto diventa silenzioso e disabitato; tuttavia l'aria è ancor piena d'infusorî, d'animalucci microscopici che il vento solleva come polvere e che sono disseminati fino ad altezze sconosciute. Sono, dice Alfredo Maury, germi nuotanti nello spazio, che aspettano, per fissarsi e diventare il principio di una vegetazione nuova, l'apparizione d'un altro sollevamento, d'un nuovo rialzamento del globo.

Nel terzo libro ci occuperemo dei ghiacciaî e della parte che rappresentano le montagne nella meteorologia. Importava ora di por fine a questo primo libro sul fluido vitale, coll' esame della diminuzione della vita in confronto all' altezza. — Siam giunti allo studio della Luce e de' meravigliosi fenomeni ottici dell'aria.

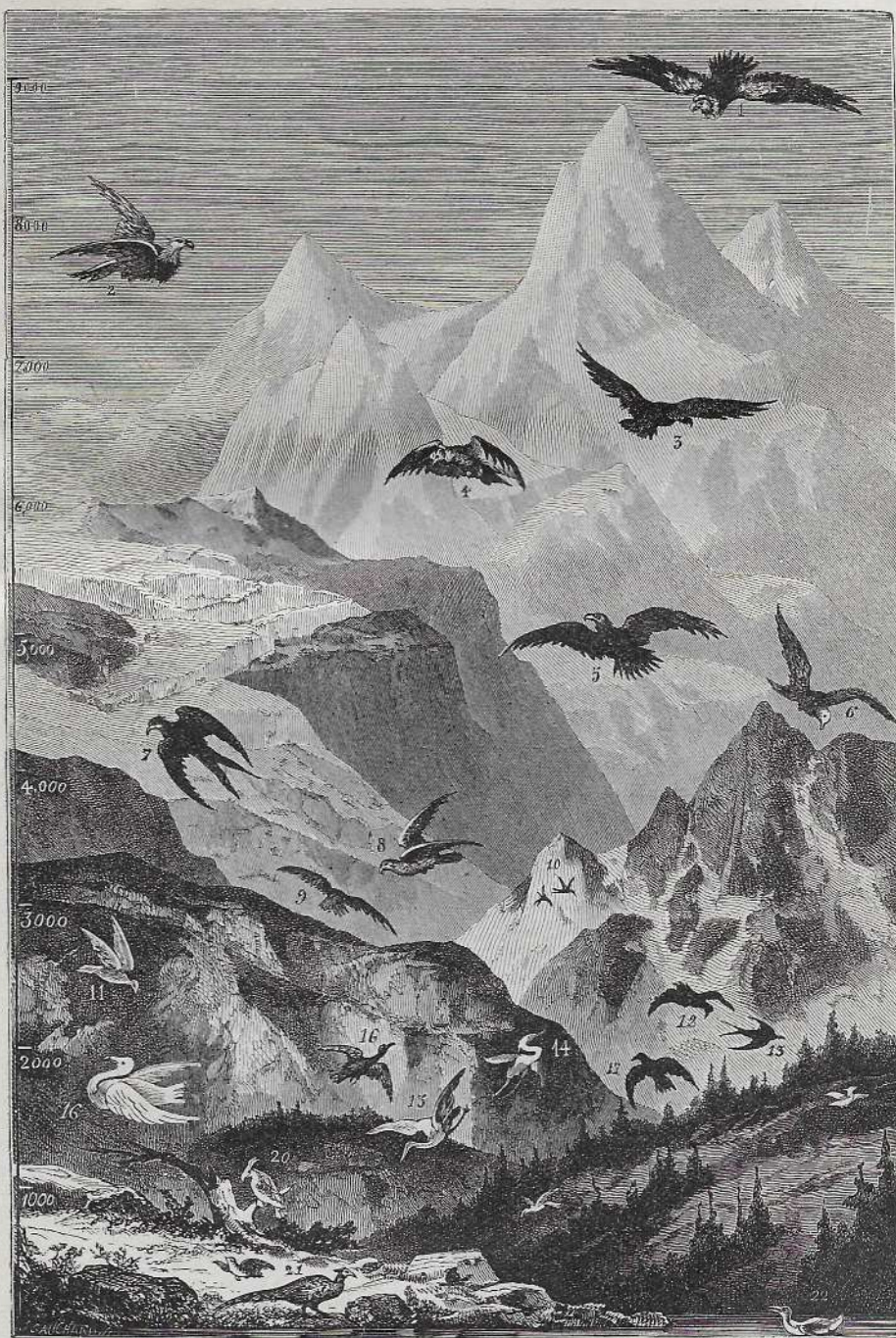



Fig. 49. — Distribuzione delle varie specie di uccelli secondo l'altezza del loro volo.

1. Condoro (è stato veduto mentre volava a 9000 metri). — 2. Gypaité. — 3. Avoltojo fulvo. — 4. Sarcoronta. — 5. Aquila. — 6. Urubù. — 7. Nibbio. — 8. Falco. — 9. Sparviero. — 10. Uccello mosca. — 11. Piccione. — 12. Bozzagro. — 13. Rondine. 14. Airone. — 15. Grù. — 16. Anitra e Cigno (che vivono sui laghi all'altezza di 1800 metri). — 17. Corvo. — 18. Allodola. — 19. Quaglia. — 20. Pappagallo. — 21. Pernice e Fagiano. — 22. Pingoino.

LIBRO SECONDO

LA LUCE E I FENOMENI OTTICI DELL'ARIA

CAPITOLO I.

Il giorno.

Se l'atmosfera rappresenta sul nostro pianeta la parte fondamentale ed organizzatrice della vita, se tutti gli esseri vegetali ed animali sono costituiti per respirare in seno ad essa e costruire, coll'ajuto delle sue molecole fluide, il tessuto solido degli organismi, vedremo ora che questa brillante atmosfera è altresì la gran gioja della natura, che non solo il fondo, ma anche la forma voglionsi ascrivere alla sua presenza; che senza di essa il mondo trascinerebbesi penosamente nello spazio triste e scolorato; che per virtù sua è trasportato ne' campi del cielo, tra le brezze ed i profumi, sovra uno strato etereo porporino ed azzurro e sotto l' irradiante splendore di un eterno sorriso.

Vòlta azzurra d'un cielo tranquillo e puro, dolce tinta delle aurore, magnificenze infiammate dei crepuscoli, graziosa bellezza de' paesaggi solitarî, prospettive vaporose delle campagne, e voi, specchî limpidi dei laghi, che sorridete malinconicamente al cielo riflettendo l' imponente mole delle nevi eterne: l'esistenza e la beltà vostra ad altro non sono dovute che a questo fluido leggiero e potente steso sul globo terrestre. Senza di esso non esisterebbero nè le vaghe prospettive, nè le graziose tinte. Invece d'un cielo azzurro, non avremmo che uno spazio nero inscandagliabile: invece delle sublimi aurore e de' magnifici tramonti, il giorno e la notte si succederebbero improvvisamente; in luogo delle mezze tinte, che spargono una dolce luce ovunque Febo non lancia direttamente le sue abbaglianti freccie, non vi sarebbe luce che nei punti illuminati dall'astro brillante, il resto in completa oscurità: il nostro pianeta non offrirebbe alcun luogo abitabile.

Sia sereno, sia nuvoloso, il cielo presentasi sempre ai nostri occhî sotto l'aspetto di vòlta depressa. Lungi dall'offrire la forma di circonferenza, esso pare steso, schiacciato sulle nostre teste, e pare si prolunghi insensibilmente scendendo a poco a poco fino all'orizzonte. Gli antichi ritenevano veramente che ci fosse una vòlta azzurra. Ma, come dice Voltaire, tale credenza si può paragonare a quella d'un baco da seta che pigliasse il proprio bozzolo pei confini dell' universo. Gli astronomi greci la rappresentavano come formata d' una sostanza cristallina solida, e fino a Copernico gran numero di astronomi l'hanno considerata solida al pari del vetro fuso indurito. I poeti latini posero su questa vòlta al disopra dei pianeti e delle stelle fisse, la divinità dell'Olimpo e l'elegante corte mitologica. Prima di sapere che la Terra è nel cielo e che il cielo è dovunque, i teologi avevano insediato nell'empireo la Trinità, il corpo glorificato di Gesù, quello della vergine Maria, le gerarchie angeliche, i santi e tutta la milizia celeste.... Un curioso missionario dell'evo di mezzo narra anzi che, in un suo viaggio alla ricerca del Paradiso terrestre, e' giunse all'orizzonte ove il cielo e la terra si toccano, e che trovò un certo punto dove non combaciavano bene; e però vi passò piegando le spalle sotto il coperchio dei cieli... Ora quella bella vòlta non esiste! Io mi sono già inalzato nel pallone a maggior altezza dell'Olimpo greco, senza giunger mai a toccare quella tenda che più si insegue e più fugge, come le mele di Tantalo.

Ma che cos'è dunque quest'azzurro che certamente esiste, ed il cui velo ci nasconde le stelle durante il giorno?

La vòlta che noi contempliamo è costituita dagli astri atmosferici, i quali, riflettendo la luce del sole, interpongono fra lo spazio e noi una specie di velo fluido che varia d'intensità e di altezza secondo la densità variabile delle zone aeree. Ci volle molto tempo innanzi di spogliarci di questa illusione, e di constatare che la forma e le dimensioni della vòlta celeste cambiano colla costituzione dell'atmosfera, col suo stato di trasparenza, col suo grado d'illuminazione.

Una parte dei raggi luminosi mandati dal Sole al nostro pianeta è assorbita dall'aria, l'altra è riflessa; ciò non ostante l'aria non agisce ugualmente su tutti i raggi colorati di cui si compone la luce bianca: essa comportasi come un vetro color latte; lascia passare di preferenza i raggi dell'estremità rossa dello spettro solare, e riflette al contrario i raggi turchini; ma questa differenza non è sensibile se non allorquando la luce attraversa grandi masse d'aria. De Saussure ha fatto vedere che il color azzurro del cielo è dovuto alla riflessione della luce, non ad un colore speciale delle particelle aeree. Se l'aria fosse azzurra, diss'egli, le montagne lontane e coperte di neve dovrebbero sembrare azzurre, ciò non è. Un'esperienza di Hassenfratz prova inoltre che il raggio azzurro è riflesso con maggior forza. Infatti più è denso lo

strato atmosferico attraversato da un raggio, e più raggi azzurri scompajono per lasciar posto ai rossi; ora, quando il sole è vicino all'orizzonte, il raggio percorre una maggior densità d'aria; onde quest'astro ci sembra rosso, porporino o giallo. Spesso i raggi azzurri mancano negli arcobaleni che appajono poco tempo prima della levata del sole.

Vedremo più innanzi essere il vapore acqueo sparso nell'aria quello che ha la parte principale in tale riflessione della luce, cui vuolsi ascrivere l'azzurro del cielo e la diffusa luce diurna.

Non ha guari, John Tyndall, distinto professore inglese, ha riprodotto il colore azzurro del cielo e la tinta delle nubi in una esperienza dell'Istituto reale. S'introduce in un tubo di vetro del vapore di diverse sostanze, sia di nitrito di butilo, sia di benzina, sia di solfuro di carbonio; poi vi si fa passare un fascio di raggi di luce elettrica, ed aumentasi a volontà la condensazione e la rarefazione del vapore. In tutti i casi in cui i vapori adoperati, di qualunque specie siano, sono sufficientemente attenuati, la riflessione della luce manifestasi dapprima colla formazione di una nube di colore azzurro di cielo. La nube vaporosa, dopo di aver presentata la tinta azzurra, si condensa e imbianca, e, condensandosi, diventa assolutamente simile alle vere nubi, offrendo alla polarizzazione le stesse variazioni di fenomeni.

L'aria atmosferica è tra i corpi più trasparenti che si conoscano; quando non è carica di nebbie e oscurata da molti corpi, noi possiamo vedere oggetti situati a grandissima distanza; le montagne non scompajono ai nostri sguardi che allorquando si trovano sotto l'orizzonte. Ma, a malgrado del suo debole potere di assorbimento, l'aria non è però completamente trasparente. Le sue molecole assorbono porzione della luce che ricevono, ne lasciano passare una parte e riflettono la terza; ne viene ch'esse ci rappresentano l'imagine di una vòlta, illuminano gli oggetti terrestri che il sole non rischiara direttamente, e determinano una insensibile transizione fra il giorno e la notte.

Colle giornaliere operazioni si può accertarsi dell'indebolimento della luce solare durante il suo passaggio attraverso l'atmosfera. Se per diversi giorni si osserva lo stesso oggetto situato vicino all'orizzonte, constatasi ch'esso è ora visibilissimo, ora molto meno. La distanza alla quale scompare ora è più piccina, ora è più grande; si può convincersene con misure dirette ad esprimere la trasparenza dell'aria con dei numeri, come ha fatto Saussure col suo *diafanometro*.

La distanza alla quale gli oggetti scompajono non dipende unicamente dall'angolo visuale, ma altresì dal loro modo d'illuminazione e dal contrasto che fa il loro colore cogli oggetti circostanti. Ciò spiega perchè le stelle, a malgrado del loro piccolo diametro, siano tanto visibili sulla vòlta del cielo. Così dicasi degli oggetti terrestri; si dura fatica a distinguere un uomo quando si projetta su campi o superficie

nere; ma è visibilissimo se è situato sopra un' eminenza in modo da projettarsi sopra un cielo illuminato; donde le illusioni ottiche sì comuni nei paesi di montagna. Così, mentre la catena delle Alpi, veduta dalla pianura a gran distanza, è chiaramente visibile nelle sue più leggiere sinuosità, lo spettatore situato sopra una di quelle vette non scorge quasi nulla nella pianura. Tutti coloro che hanno passato alcuni mesi sui laghi delle montagne svizzere hanno fatto la stessa osservazione sulla variazione della visibilità degli oggetti.

Per misurare l' intensità del colore turchino, Saussure ha inventato il *cianometro*, che si compone semplicemente di un nastro di carta diviso in 30 rettangoli, il primo de' quali è di color turchino cobalto oscurissimo, mentre l'ultimo è quasi bianco; i rettangoli intermedî offrono tutte le gradazioni imaginabili fra il turchino oscuro ed il bianco. Se trovasi che il turchino di uno di questi rettangoli è identico a quello del cielo, allora si esprime questa identità con un numero corrispondente ad uno de' rettangoli, e tutto si riduce a segnare la scala dell' istrumento.

Humboldt ha perfezionato l'apparecchio di Saussure, e l'ha posto in grado di dare misure delicatissime della tinta azzurra.

Soltanto la contemplazione del cielo ci prova già che il suo colore non è lo stesso in tutti i punti d'una stessa verticale; esso è di solito più oscuro allo zenit, poi s'indebolisce verso l'orizzonte, dov'è spesso completamente bianco. Il contrasto si fa meglio evidente coll' uso del cianometro. Così trovasi talvolta che il colore corrisponde al numero 23, verso lo zenit, ed al numero 4 presso l'orizzonte. Ma il colore della stessa parte del cielo cangia pure con certa regolarità durante il giorno, poichè si fa più intenso dalla mattina fino al mezzogiorno, e ritorna più chiaro da questo momento fino a sera. Nei nostri climi il cielo ha il colore turchino più intenso quando, dopo una pioggia di parecchî giorni, il vento di levante scaccia le nubi.

Il colore del cielo è modificato dalla combinazione di tre tinte; il turchino, che è riflesso dalle molecole aeree, il nero dello spazio infinito, che forma il fondo dell'atmosfera, e infine il bianco delle molecole di nebbia e dei fiocchi di neve che nuotano nelle alte regioni. Quando noi ci portiamo ad una certa altezza nell'atmosfera, gran parte delle molecole di vapore le lasciamo al disotto di noi. Allora i raggi bianchi pervengono all'occhio in proporzione minore, ed il colore del cielo si fa più intenso, poichè è coperto da minor quantità di particelle che riflettono la luce. « Più in su di 300 metri il cielo pare oscuro ed impenetrabile, io dicevo in una comunicazione all'Istituto (luglio 1868) sui miei studî meteorologici fatti in pallone, la sua tinta è il grigio-turchino oscuro nelle regioni intorno allo zenit; è il turchino-azzurro nella zona elevata da 40 a 50 gradi, l'azzurro pallido e quasi bianco vicino

all'orizzonte. L'oscurità del cielo superiore, di solito, è proporzicnale alla decrescenza dell'umidità. Quando l'atmosfera è purissima, pare che un leggiero velo azzurro e trasparente frappongasi sotto di noi, fra la navicella e le intense colorazioni della superficie terrestre. » Saussure afferma, affidandosi alle asserzioni delle guide, che sulla vetta del monte Bianco vedonsi talvolta le stelle.

La natura del suolo rappresenta una parte importante in questi effetti di riflessione di trasparenza atmosferica.

Nelle regioni ove esistono vaste superficie quasi spoglie di vegetazione, come in gran parte dell'Africa, l'aria è molto secca, e perde una parte della sua trasparenza, a motivo specialmente dei pulviscoli inalzati dai venti e dalla mancanza di grandi pioggie per depurare l'aria. Nelle altre parti della zona intertropicale, sull'Atlantico, sul continente americano, sulle isole del mare del Sud e in certe regioni dell' India, il vapore acqueo, allo stato di gas trasparente, è misto in abbondanza all'aria, e invece del colore turchino-grigio che possiede nei nostri climi e ne' deserti sabbiosi, il cielo offre una tinta azzurra intensa, che gli dà un carattere speciale nella regione dello zenit ed anche talvolta fino all'orizzonte.

Siccome la superficie curva che limita l'atmosfera è parallela a quella della terra ed è il suo spessore nullo, paragonato alla massa dello sferoide terrestre, possiamo ammettere che il piano della porzione d'atmosfera che può essere abbracciato dallo sguardo sia sensibilmente parallelo all'orizzonte. Se il sole fosse allo zenit, i suoi raggi percorrerebbero la via più breve per giungere fino a noi; più il sole si avvicina all'orizzonte e più diventa considerevole lo spessore aereo che debb'essere percorso dai suoi raggi, e per conseguenza scema lo splendore dei medesimi; l'esperienza lo prova tutti i giorni. La luce del sole e della luna, al loro passaggio pel meridiano, è abbagliante, mentre si possono guardare questi astri ad occhio nudo quando sono vicini all'orizzonte; per lo stesso motivo, le regioni situate vicino all'orizzonte sembrano sempre prive di stelle.

Il colore del cielo è dunque spiegato dalla riflessione della luce sulle molecole del vapore acqueo invisibilmente sparse nell'aria. Ora, come spiegheremo noi la forma assai pronunciata di *vòlta* schiacciata del cielo, sia pure nuvoloso o sereno?

Quanto a me, con un semplice effetto di prospettiva mi spiego tale schiacciamento della vòlta.

Supponiamo di avere dinanzi a noi un viale di pioppi d'uguale misura (fig. 50). Tutti sanno che quest'altezza diminuisce gradatamente in proporzione della distanza, e che i pioppi dell' estremità del viale finiranno a confondersi colla superficie del suolo.

I piedi degli alberi restano sopra una superficie orizzontale perchè

siamo sul suolo. Egli è per mezzo della linea superiore che operasi l'inclinazione verso la terra. Se noi fossimo appollajati sul primo albero vedremmo le cime di questi alberi al livello dell'occhio nostro, ed allora la diminuzione prospettica si opererebbe dal basso (fig. 51).

Lo stesso ragionamento può applicarsi alle nubi, incominciando da quelle che sono al nostro zenit, fino a quelle che scendono a varie distanze giù all'orizzonte.

Quando in pallone passiamo oltre le nubi, non le vediamo già ab-

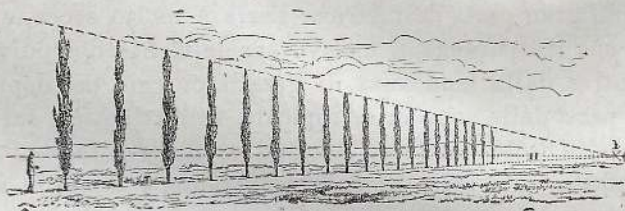



Fig. 50. — Primo effetto di prospettiva.

bassarsi come una vòlta sulla terra, bensì estendersi come la superficie piana di un immenso oceano di neve.

Quando giungiamo all'altezza di pochi chilometri sopra di esse, le vediamo curvate in senso opposto.

Se il cielo è puro, la superficie della terra, vista da una grande altezza, è incavata sotto la navicella, e si rialza lentamente intorno fisso all'orizzonte circolare. Lungi dal sembrare convessa, come potrebbesi ritenere supponendo che ad una grande altezza nell'atmosfera si possa

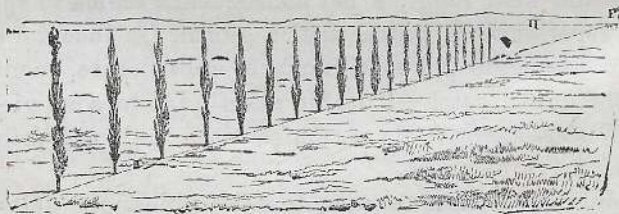



Fig. 51. — Secondo effetto di prospettiva.

riconoscere la sfericità del globo, la superficie del suolo si scava sotto di noi, [illegible] nalzarsi fino all'orizzonte, che pare rimanga sempre fisso al livello dell'occhio nostro.

Questa illusione spiegasi nello stesso modo della precedente. Supponiamo che un centinajo di palloni siano trattenuti prigionieri ciascuno da una corda ad eguale altezza (mille metri, per esempio) e che noi siamo sul primo di questi aerostati allineati in fila. Sono tutti al livello dell'occhio nostro. Ma le linee che li uniscono alla terra diminuiscono

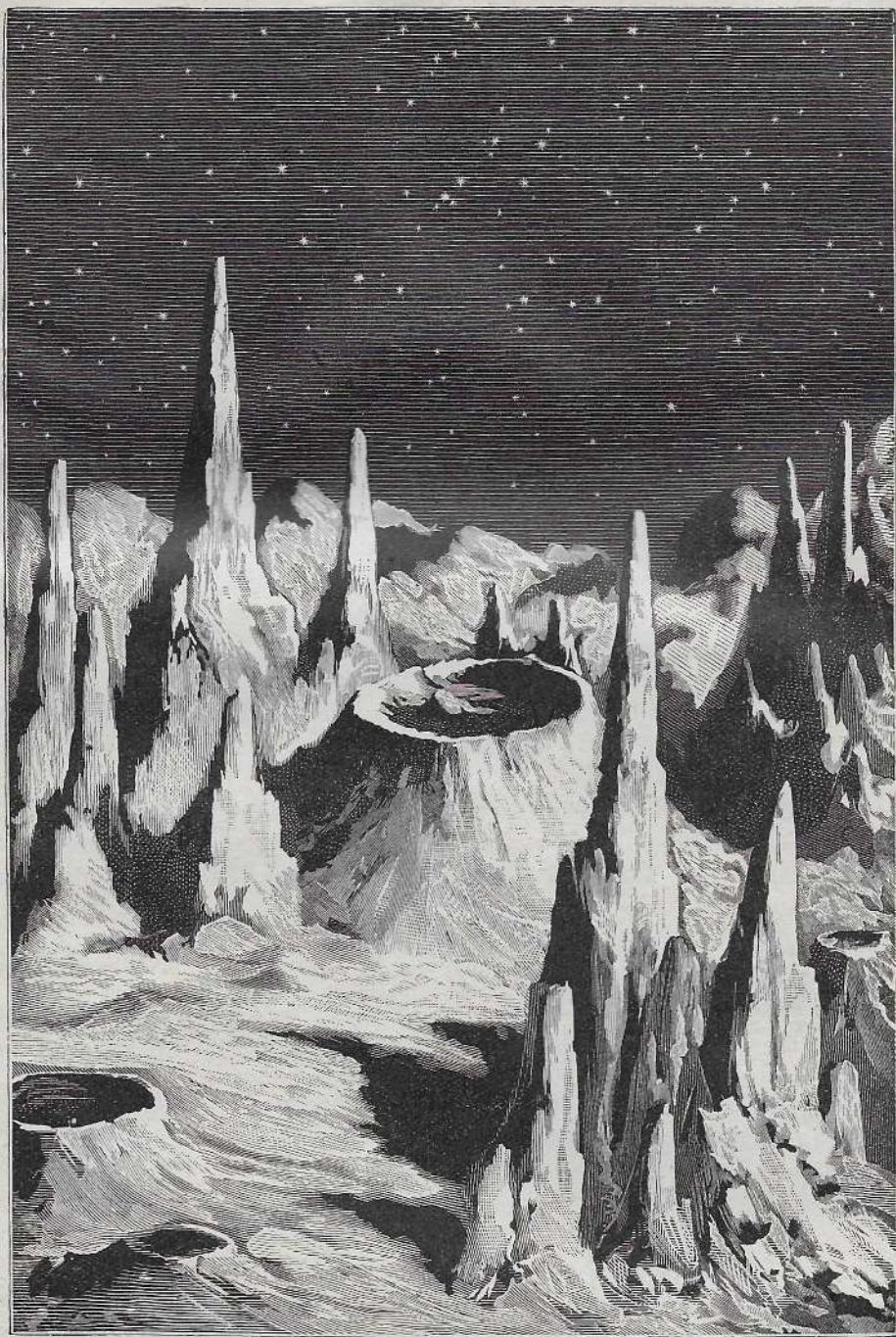



Fig. 52. — Il giorno sulla luna.

agli sguardi nostri di lunghezza apparente secondo le loro distanze. La corda situata a due chilometri da noi ci parrà più piccola della metà di quella situata ad un chilometro. Ora le lunghezze sempre più scemeranno incominciando dal basso, poichè tutti gli aerostati sono a livello del nostro occhio; e siccome il ragionamento è applicabile a qualunque direzione, credesi che la superficie visibile intiera della terra, per l'effetto prospettico, si rialza fino al piano orizzontale, passando dall'occhio dell'osservatore.

Questo aspetto della terra, che si fa concava a mo' di catinella, mi ha sorpreso assai la prima volta che l'ho osservato in pallone; poichè all'altezza ove mi trovavo speravo di vederla convessa.

Fig. — 53. Prospettiva di palloni.

E però l'abbassamento della vòlta apparente del cielo sopra le nostre teste dipende da un effetto di prospettiva, tanto più facile a spiegarsi in quanto che gli occhî nostri punto non giudicano le lunghezze verticali nella stessa guisa delle orizzontali. Un albero alto quindici metri ci sembra molto più lungo adagiato al suolo che ritto in piedi. Una torre alta cento metri ci parrebbe assai più lunga stesa sul terreno che elevata nello spazio. Siccome è nostra abitudine di camminare e non d'inalzarci, apprezziamo le lunghezze secondo il loro giusto valore, mentre le altezze rimangono al di fuori del nostro giudizio diretto.

Da questa forma apparente della vòlta celeste risulta che le costellazioni ci pajono molto più grandi verso l'orizzonte che non allo zenit (esempî: l'Orsa maggiore quando rasenta l'orizzonte, e Orione al suo alzarsi), e che il sole e la luna offrono un disco più largo alla levata ed al tramonto che non al momento della loro culminazione.

Fig. 54. — La superficie della terra vista dal pallone.

Ne viene inoltre che c'inganniamo costantemente nell'apprezzamento diretto dell'altezza degli astri sopra l'orizzonte. Una stella che è all'altezza di 45 gradi, cioè appunto a mezza via tra l'orizzonte e lo zenit, ci sembra assai più alta; e quando noi designamo col dito una stella, che riteniamo a 45°, troviamo poi che essa è soltanto a 30°.

I trattati moderni di fisica e di meteorologia non si sono occupati di questa curiosa questione dell'aspetto del cielo. Io la trovo discussa in alcune opere dei secoli diciassettesimo e diciottesimo, ma piuttosto sotto un certo aspetto filosofico che nella sua spiegazione puramente geometrica. Dopo un gran battibecco fra Malebranche e Règis su questo

importantissimo punto, Roberto Smith lo esaminò nella sua *Ottica* (1728), e conchiuse che il diametro orizzontale della vòlta celeste deve sembrarci sei volte più lungo del diametro verticale. Egli reputa che tal effetto debba ascriversi a questo che « la nostra vista non si estende distintamente che fino al punto ove gli oggetti fanno, nel nostro occhio, un angolo dell'ottomilesima parte di un pollice, in guisa che tutti gli oggetti s'abbassano per noi nell'orizzonte, alla distanza di 25 000 piedi, ossia una lega e due terzi ». Voltaire, nella sua edizione della *Filosofia di Newton* e nel *Dizionario filosofico* sviluppò questo argomento tanto dibattuto: « Le leggi dell'ottica, egli dice, fondate sulla natura delle cose, hanno ordinato che dal nostro piccolo globo vedremo sempre il cielo materiale come se noi ne fossimo il centro, quantunque siamo ben lontani dall'esserlo; che lo vedremo sempre come una vòlta schiacciata, sebben non vi sia altra vòlta all' infuori di quella della nostra atmosfera, vòlta che non è depressa;

« Che noi vedremo sempre girar gli astri su questa vòlta, e come in uno stesso cerchio, quantunque i soli pianeti camminino al pari di noi nello spazio;

« Che il nostro sole e la nostra luna ci sembreranno sempre un terzo più grandi all'orizzonte che allo zenit, sebbene siano più vicini all'osservatore allo zenit che all'orizzonte. »

Indi, tracciando una curva analoga alla precedente, aggiunge: « Ecco in quale proporzione il sole e la luna debbono essere veduti nella curva *A B*, e in che modo gli astri devono sembrare più vicini gli uni agli altri nella stessa curva.

« Son tali le leggi dell' ottica, è tale la natura degli occhî nostri, che il cielo materiale, le nubi, la luna, il sole che è tanto lontano da noi, i pianeti che ne sono ancor più discosti, tutti gli astri situati a distanze ancora più immense, comete, meteore, tutto deve apparirci in questa vòlta schiacciata, composta della nostra atmosfera.

« Per complicar meno siffatta verità, osserviamo soltanto il sole, che sembra percorra il centro *A B*. Allo zenit esso deve apparirci più piccolo che a quindici gradi al disotto, a trenta gradi ancora più grande, e finalmente ancora di più all' orizzonte; cosicchè le sue dimensioni nel cielo inferiore decrescono in ragione delle sue altezze nella progressione seguente:

All'orizzonte	100
A quindici gradi	68
A trenta gradi	50
A quarantacinque gradi	40

« Le sue grandezze apparenti nella vòlta depressa sono come le sue apparenti altezze; così dicasi della luna e di una cometa. Osserviamo

le due stelle, che essendo ad una prodigiosa distanza l'una dall'altra e a profondità diversissime nell'immensità dello spazio, sono qui considerate come poste nel cerchio che pare il cielo percorra. Noi le vediamo distare l'una dall'altra nel gran cerchio e riavvicinarsi nel piccolo per le stesse leggi. »

Voltaire non si è dato la briga di spiegare la causa di quest'apparenza. Il matematico Euler, nelle sue *Lettere ad una principessa di Germania* (1762), consacra diversi capitoli a questa spiegazione, la quale può riassumersi in poche parole: 1.° la luce degli astri che si trovano verso l'orizzonte è assai indebolita, perchè i loro raggi hanno un più lungo cammino da percorrere nella nostra bassa atmosfera che allorchè gli astri sono a una certa altezza; 2.° essendo meno luminosi, noi li reputiamo più lontani, perchè ci sembrano vicini gli oggetti più illuminati;

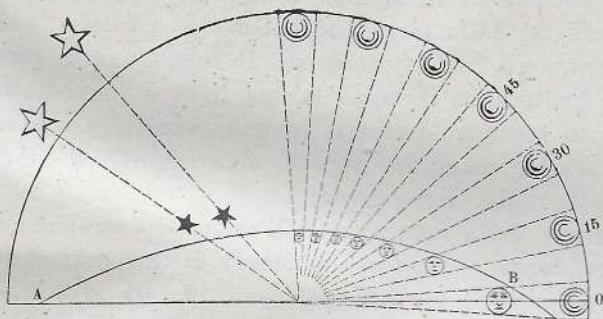



Fig. 55. — Spiegazione della vòlta del cielo e de' suoi effetti.

a mo' d'esempio, un incendio, una luce notturna ci pajono più prossimi che non siano; tutta l'arte della pittura che rappresenta una prospettiva sopra una tela liscia è fondata sulla differenza d'intensità delle tinte; 3.° questo apparente allontanamento degli oggetti celesti vicino all'orizzonte dà origine alla imaginaria vòlta schiacciata del cielo.

Il concetto logico di questi due ultimi punti sembra in senso inverso della teoria più sopra esposta. Tuttavia si può vedere che questi due fatti non nascono successivamente l'un dall'altro, ma sono simultanei nella loro osservazione. La prospettiva vuolsi ascrivere alla distanza ed all'indebolimento della luce, ed essa rende perfetto conto della forma apparente offerta dagli strati atmosferici, e delle variazioni di grandezze secondo l'elevazione sopra l'orizzonte. È questo un doppio effetto di prospettiva geometrica e di prospettiva luminosa.

Così spiegansi, coi giuochi molteplici della luce, lo stato del giorno alla superficie del nostro pianeta, l'aspetto variabile del cielo e la diversità ottica dell'atmosfera secondo i luoghi e le ore.

Noi non apprezziamo nè la bellezza, nè l'importanza pratica della luce diffusa, perchè siamo abituati a servircene continuamente.

Un soggiorno di poche ore nella nostra vicina luna sarebbe bastevole per dimostrarci tutta la distanza che separa un giorno atmosferico da un giorno senz'aria.

Come esprimevalo G. B. Biot, con un'imagine opportunissima, l'aria sta intorno alla terra come una specie di velo brillante che moltiplica e propaga la luce del sole con un infinità di ripercussioni. È per essa che abbiamo il giorno quando il sole non è peranco all'orizzonte. Dopo la levata di quest'astro, non v'è luogo sì recondito, semprechè sia aperto all'aria, che non ne riceva la luce, sebbene i raggi del sole non vi giungano direttamente. Se l'atmosfera non esistesse, ogni punto della superficie terrestre riceverebbe solo quella luce che gli venisse direttamente dal sole. Quando smettesse di osservare quell'astro e gli oggetti illuminati da' suoi raggi, l'uomo troverebbesi tosto nella oscurità; nessuna dimora abitabile! un mondo senza città e senza abitazioni. I raggi solari riflessi dalla terra andrebbero a perdersi nello spazio, e avrebbesi sempre un freddo eccessivo. Il sole, quantunque vicinissimo all'orizzonte, brillerebbe in tutta la sua luce, e immediatamente dopo il suo tramonto saremmo immersi in una oscurità assoluta. Alla mattina, quando l'astro maggiore appare all'orizzonte, il giorno succederebbe alla notte colla stessa rapidità.

L'effetto strano della mancanza dell'atmosfera sarebbe assai più completo e sorprendente se ne fosse concesso di trasportarci sul nostro satellite. Confrontiamo il vivente spettacolo che ci offre la terra, coperta in parte dal suo umido e ondeggiante mantello solcato di fiumi; confrontiamo, dico, questo spettacolo coll'aspetto triste della luna, col suo suolo irto di pietre e di metallo fuso, e terribilmente sconvolto ne' suoi vasti deserti montagnosi; co' suoi vulcani spenti e co' suoi picchi simili a gigantesche tombe, col suo cielo nero invariabile e senza forma, nel quale giorno e notte regnano stelle non scintillanti, il sole e la terra. Colà i giorni non sono in certa guisa che notti rischiarate da un sole senza raggi. Alla mattina non v'ha aurora, non crepuscolo alla sera; le notti sono assolutamente nere. Quelle dell'emisfero lunare che ci guarda sono illuminate da un *chiaro di terra,* il cui primo quarto coincide col tramonto del sole, la *terra piena* con mezzanotte e la *terra nuova* colla levata. Di giorno i raggi solari si spezzano, si suddividono contro alle taglienti creste, alle punte acute delle roccie, o si arrestano d'un tratto agli aspri orli de' suoi abissi, disegnando qua e là nere e bizzarre figure dai contorni svelti ed angolosi, e dardeggiando le superficie esposte alla loro azione solo per riflettersi e perdersi tosto nello spazio quali fantastiche ombre ritte in mezzo ad un mondo sepolcrale eternamente muto e silenzioso.

Il disegno a pagina 121 rappresenta *il giorno sulla luna.* È una veduta presa nella luna in mezzo alla regione montagnosa di Aristarco.

Non vi sono altri colori che il bianco ed il nero. Le roccie riflettono passivamente la luce del sole; i crateri rimangono in parte seppelliti nell'ombra; i fantastici campanili se ne stanno ritti come eterni fantasmi in quel cimitero ghiacciato; la mancanza dell'atmosfera lascia che lo spazio nero del cielo stellato domini costantemente sì lugubre teatro, al quale per buona ventura la terra non ha nulla di simile da paragonare. Potrebbesi porvi a riscontro il disegno che forma il frontispizio di quest'opera e nel quale *il giorno sulla terra* rivelasi in tutto il suo colore, nelle sue *dolci e fuggevoli prospettive,* ne' suoi piani aerei successivi dovuti alla presenza dell'atmosfera.

CAPITOLO II.

La sera.

La luce, nel formare colla sua potenza e co' suoi giuochi il magnifico mondo atmosferico in cui viviamo, dà origine a variazioni che di continuo si oppongono alla uniformità. La bianchezza dei raggi luminosi nasconde nel suo seno tutti i colori e tutte le gradazioni, e l'atmosfera non solo *bagna* i paesaggi terrestri colla *riflessione* molteplice della luce in tutti i sensi, ma decompone altresì questa luce colla *rifrazione,* e getta sul nostro pianeta l'ondeggiante veste di un cielo sempre variato, d'un'incessante variabilità d'aspetti sorridenti o malinconici.

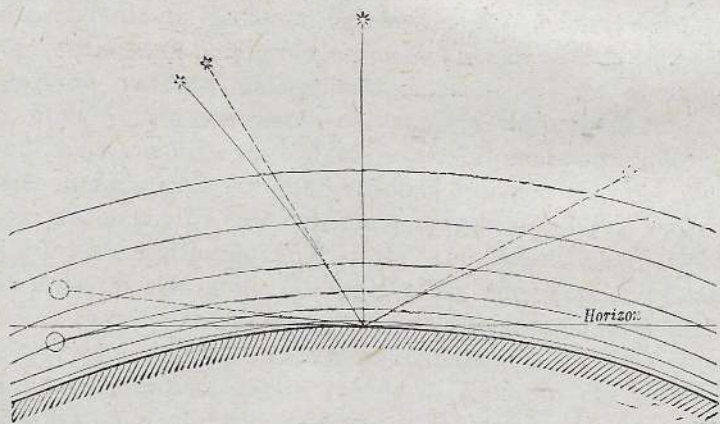



Fig. 56. — Rifrazione atmosferica.

Allorchè un raggio di luce passa da un mezzo trasparente in un altro, subisce una deviazione cagionata dalla differenza di densità di questi mezzi. Passando dall'aria nell'acqua, il raggio si avvicina alla verticale, perchè l'acqua è *più* densa dell'aria. Un bastone immerso nell'acqua sembra spezzato alla superficie del liquido, e la parte immersa pare si avvicini alla verticale. Lo stesso avviene di un raggio che passa da uno strato d'aria superiore ad uno strato inferiore, imperocchè, come abbiamo veduto, gli strati inferiori sono più densi dei superiori.

I raggi di diversi colori, il cui complesso costituisce la luce bianca, non sono tutti egualmente rifrangibili. È noto risultare da tal differenza, che questi raggi, penetrando in un prisma, si trovano separati in proporzione della loro rifrangibilità, e che la luce bianca nell'uscire trovasi decomposta ne' suoi elementi costitutivi.

Nel rifrangere la luce, l'aria produce quindi due effetti distinti. Da un lato curva verso terra i raggi venuti dagli astri, di là dell' atmosfera, di modo che vediamo il sole, la luna, i pianeti, le comete, le stelle, più *alti* che nol siano realmente. Dall' altra essa effettua una

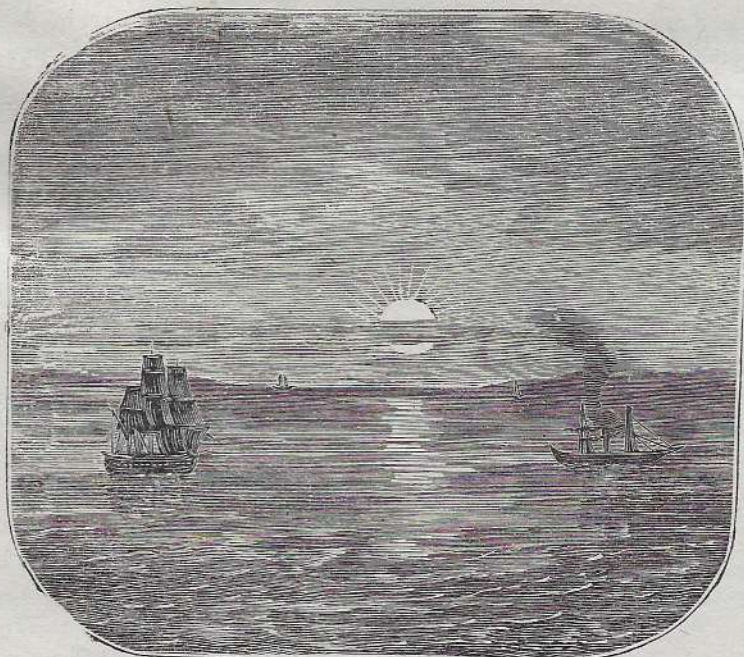



Fig. 57 — Deformazione del disco solare per effetto della rifrazione.

separazione più o meno grande, secondo il suo stato di trasparenza e densità tra i diversi raggi costituenti la luce (fig. 56).

Il primo effetto produce i crepuscoli, il secondo dà loro quel dolce incanto che ne seduce nelle belle sere.

Tanto più sentita è la rifrazione quanto più obliquamente il raggio luminoso attraversa l'atmosfera. Le osservazioni astronomiche sarebbero tutte erronee quanto alle posizioni, se non le si correggessero di quest'effetto. Così, a mo' d'esempio, la stella A è veduta in A' e l'astro B in B'; soltanto allo zenit la deviazione è nulla. All'orizzonte il sole e la luna sono rialzati di tutto il loro diametro, di maniera che in realtà sono ancora al disotto dell'orizzonte quando li vediamo al disopra. Essi

alzansi prima del momento astronomico della loro levata e calano dopo il momento del loro tramonto (1).

Da così fatto rialzamento risulta che si può vedere nello stesso tempo il sole all'ovest e la luna all'est, nel momento del plenilunio, e financo *un'eclisse di luna ed il sole sull'orizzonte*, quantunque il globo terrestre trovisi allora esattamente fra i due astri e questi siano ambidue astronomicamente sotto l' orizzonte. È la rifrazione che li rialza. È stata osservata questa curiosa circostanza nelle eclissi di luna del 16 giugno 1666 e del 26 maggio 1668 (2).

Per effetto della stessa deviazione dei raggi luminosi, il sole e la luna sembrano schiacciati quando si levano o tramontano, perchè la rifrazione agisce secondo la verticale per diminuire il diametro apparente dell'astro i cui raggi attraversano gli strati atmosferici (fig. 57).

La durata del giorno è dunque aumentata dal rialzamento del sole, e per conseguenza quella della notte è diminuita. Egli è per tal cagione che a Parigi il giorno più lungo dell'anno è di 16 ore e 7 minuti, ed il più breve di 8 ore e 11 minuti, invece di 15 ore e 58 minuti e 8 ore e 2 minuti, durata astronomica. Per tale influenza vedesi che i giorni a Parigi sono aumentati di 9 minuti all'epoca dei solstizî; negli equinozî, lo sono soltanto di 7. Al polo boreale, il sole appare sul piano dell'orizzonte, non già quand'esso arriva all'equinozio di primavera, bensì allorchè la sua declinazione boreale non è più che di 33 minuti circa; esso rimane allora visibile fino al tempo in cui, passato l'equinozio di autunno, ha ripreso un declivio australe superiore a 33 minuti. Si ha cura di tener conto di quest'azione dell'atmosfera nel computo delle ore della levata e del tramonto del sole, che si inserisce negli almanacchi.

Noi abbiamo già veduto che l'atmosfera riflette i raggi del sole dopo il suo tramonto e prima della levata, e ci fa dono de' vantaggi del crepuscolo e dell'aurora. La lunghezza del crepuscolo è cosa utile da conoscersi per diversi motivi. Essa dipende dalla misura angolare di cui il sole è abbassato sotto l'orizzonte; inoltre è modificata da parecchie altre circostanze, prima tra le quali è il grado di serenità dell' atmosfera. Immediatamente dopo il tramonto del sole, la curva che forma la separazione fra la zona atmosferica direttamente illuminata e quella che non lo è se non per riflessione, mostrasi all'oriente quando il cielo è purissimo; la si chiama *curva crepuscolare*. Tal curva sale mano mano che discende il sole, e alcun tempo dopo il tramonto essa attraversa da oriente ad occidente la regione zenitale del cielo: quest'epoca

(1) Si veda nell'Appendice (nota III) il quadro delle rifrazioni astronomiche e la tavola.

(2) Il 12 luglio 1870 ho potuto verificare lo stesso fatto a Parigi; la luna entrò nella penombra a 7 ore e 45 minuti p. ed il sole non tramontò che 5 minuti più tardi. È bene aggiunga che bisognava però essere edotto del fatto per distinguere la presenza dell'ombra dell'atmosfera terrestre sul disco della luna, che inalzavasi rosso al pari di quello del sole che tramontava.

forma la fine del *crepuscolo civile;* è il momento in cui i pianeti ed alcune stelle di prima grandezza cominciano a comparire. Siccome la metà orientale del cielo rimane sottratta al rischiaramento solare, per la persona situata in un quartiere le cui finestre guardano ad oriente la notte incomincia. Più tardi, la curva crepuscolare, continuando il proprio corso, arriva all'orizzonte occidentale: è allora la fine del *crepuscolo astronomico;* è notte oscura. Si può ritenere che il crepuscolo civile finisce quando il sole è abbassato di 8° sotto l'orizzonte, e che occorre un abbassamento di 18° per produrre la fine del crepuscolo astronomico.

I fenomeni crepuscolari sono quasi sconosciuti sotto i tropici; quivi il giorno nasce bruscamente, e l'oscurità succede alla luce quasi senza transizione. Tale osservazione è stata fatta da Bruce nel Sennaar, ove però l'aria è sì trasparente, che spesso in pieno giorno distinguesi il pianeta Venere; nell' interno dell'Africa la notte succede quasi immediatamente al tramonto. A Cumana, dice Humboldt, il crepuscolo dura appena pochi minuti, sebbene l'atmosfera sia più alta sotto i tropici che nelle altre regioni.

Troverà il lettore nell'appendice le lunghezze del crepuscolo civile e del crepuscolo astronomico in Francia, per le diverse stagioni e pel quindicesimo giorno d'ogni mese. Se aggiungesi questa durata all' ora del tramonto, si avrà il tempo nel quale finisce ciascuno di questi due crepuscoli; sottraendola dall'ora della levata, si avrà il tempo del loro principio. Dai Pirenei a Dunkerque, la Francia è compresa fra il 42° ed il 51° di latitudine. Anche in questa debole distanza le ore cambiano sensibilmente pei diversi dipartimenti del nostro paese (1).

Il più breve crepuscolo civile (34 minuti a Parigi) ha luogo verso il 29 settembre ed il 15 marzo, il più lungo (44 minuti a Parigi) al 21 giugno; il più breve crepuscolo astronomico (1 ora e 33 minuti a Parigi) ricorre al 7 ottobre ad al 6 marzo, il più lungo dura 2 ore e 36 minuti e coincide col solstizio d'estate. A cominciare dal 50° di latitudine, il crepuscolo astronomico dura tutta la notte al solstizio d'estate.

Ne' paesi caldi, la presenza dell'umidità nell'aria non agisce solo per dare al cielo, di giorno, la tinta azzurro carica, o per sviluppare, in virtù de' raggi solari, la potenza vitale; essa agisce altresì per unire alle mille meraviglie della natura sotto l'equatore effetti di luce d'incomparabile bellezza all'alzarsi ed al tramontare del re degli astri. Il tramonto specialmente offre spettacoli di una magnificenza impossibile a descriversi; esso deve tale superiorità sulla levata del sole, alla presenza dell'umidità dell'aria. L'umidità è più abbondante della sera, dopo

---

(1) Vedi la nota IV in fine del volume.

i calori della giornata, che non alla mattina, mentre in quest'ora essa è in parte condensata in rugiada dall'effetto del raffreddamento notturno.

Non è già sul continente che ammiransi i più bei tramonti. Pure, sulla terra, l'azzurro celeste delle montagne lontane, le tinte rosee e violacee che mostrano insieme, e secondo la loro distanza le colline meno discoste, i toni caldi del suolo, armonizzano in modo meraviglioso non appena l'astro scompare sotto l'orizzonte, coll'oro palpitante dell'occidente, colle nubi rosse o rosee che gli fan corona nel cielo, coll'azzurro oscuro dello zenit ed il colore ancor più oscuro e spesso verdognolo, per effetto di contrasto, che regna all' oriente. Nelle regioni equinoziali, queste tinte dolci e fuse, unite alla varietà delle forme del terreno, alla ricchezza della vegetazione, offrono imagini più splendide che non quelle de' climi nostri. Talvolta rosee e leggiere nuvolette, o nubi più dense dagli orli color rosso rame, producono effetti che si avvicinano a certi tramonti delle nostre regioni; ma ogniqualvolta il cielo è puro, le gradazioni differiscono intieramente da quelle della zona temperata e presentano un carattere speciale. Tal altra poi le creste delle montagne situate sotto l'orizzonte, o nubi invisibili le quali intercettano una parte de' raggi solari che, dopo il tramonto, giungono ancora alle alte regioni atmosferiche, producono il curioso fenomeno dei raggi crepuscolari. Vedesi allora partire dal punto ove il sole è scomparso una serie di raggi, o meglio di glorie divergenti, che stendonsi qualche volta fino a 95 gradi e in alcuni casi prolungasi fino al punto antisolare. « Sull'oceano, dice il signor Liais, quando vicino all'equatore il cielo è libero da nubi nella parte visibile, e quando i raggi divergenti si associano agli archi crepuscolari, i giuochi di luce pigliano proporzioni e splendori tali che sfidano qualsiasi descrizione e qualsiasi riproduzione d'arte. E infatti, come mai dipingere in modo soddisfacente le tinte rosse e rosee dell'arco frangiato da raggi crepuscolari che coronano il segmento ancor molto illuminato dell'occidente, segmento esso pure colorato d'un giallo oro risplendente? E come mai sopratutto descrivere la tinta d'un turchino inimitabile, diverso da quello del mezzo del giorno, e che occupa la porzione celeste compresa fra l'azzurro solito, ma oscuro, dello zenit e l'arco crepuscolare? A tutto questo splendore del cielo occidentale bisognerebbe unire la descrizione de' suoi fuochi riflessi sulla superficie delle acque agitate dal vento aliseo, il colore turchino nero del mare all'oriente, la schiuma bianca dell' onda che risalta su quel fondo oscuro, l'arco rosa pallido del cielo orientale ed il segmento oscuro e verdognolo dell'orizzonte. »

Gli ondeggianti splendori che coronano il seppellimento dell' astro re nella porpora delle sere sono talvolta ancora più commoventi della stessa gigantesca scena del tramonto.

Nelle campagne della nostra bella Francia, tra i campi o nelle ra-

dure de' boschi, chi di noi non ha ammirato, in alcune sere di estate o d'autunno, il soave spettacolo del lento e silenzioso tramonto? Lo splendido astro è sceso di là della pianura; una brezza leggiera trasporta gli agresti profumi; nubi diafane distendono sotto i cieli i loro veli dorati; gli ultimi uccelli vanno in cerca di asilo per la notte; in mezzo a questo paesaggio e sotto una luce temperata una fattoria sembra l'asilo della pace e della felicità (fig. 58). Per quanto semplici, famigliari siano per noi questi quadri sì spesso rinnovati, ammiriamo come un solo effetto di luce sia capace di sviluppare, quasi magica verga, i più splendidi, i più inimitabili aspetti della natura. Ma forse nelle montagne questi effetti sono ancor più pittoreschi.

Nessuna descrizione varrebbe a riprodurre la maravigliosa bellezza di certi paesaggi della sera nelle Alpi. È un mondo di grandezza e di dolcezza, di severità e di tenerezza, un bizzarro connubio del potere maestoso colla soave delicatezza, un insieme ad un tempo formidabile e grazioso, cui l'occhio ammirato, affascinato, contempla senza potere a bella prima ben comprenderlo. Natura! o grande natura! Quanto è esiguo il numero di coloro che sanno comprendere le tue parole! Talvolta i più splendidi spettacoli passano inavvertiti dinanzi ai nostri occhî, e talvolta il menomo tratto di luce che colpisca gli sguardi nostri ci pone tosto in comunicazione con te, e ci fa intravedere la tua bellezza nelle flussazioni de' movimenti terrestri... Il giorno dell'equinozio d'autunno dell'anno 1868 io avevo studiato gli effetti del tramonto del sole sulle cime superbe della Jungfrau, dell'Eiger e del Monch. Dietro la catena dell'Abendberg (monte della sera) che costeggia al sud il taciturno lago di Thun, e le cui vette lontane disegnavansi sul pallido orizzonte a guisa di lunghi e neri denti, l'astro del giorno era lentamente tramontato. Le sole tre montagne di neve dianzi nominate restavano illuminate dietro una prima zona oscura e già nebbiosa, e per un bizzarro effetto, il rischiaramento obliquo della Jungfrau le dava appunto l'apparenza d'una montagna della luna, di quei vasti crateri bianchi, circolari e orlati d'un'ombra nera solcata. Dodici minuti dopo il tramonto del sole per la pianura dell'Interlaken, l'ultima punta dell'Eiger perdette la sua bianchezza e diventò rosea; un minuto appresso fu la volta del Monch, e dieci minuti più tardi quella della bianca Jungfrau, vergine immersa nell'azzurro, che per qualche tempo troneggiò da sola nel cielo, leggiermente colorata di una dolce e pallida tinta rosea. Alcuni minuti dopo le tre alpi s' illuminarono di nuovo e brillarono come montagne rosee; poi, quasichè transitasse nelle altezze dell'atmosfera un genio malefico, parve morissero tristamente, e perdettero le loro tinte calde e vive per ricoprirsi del triste e verdognolo pallore del cadavere.

Io avevo assistito, ripeto, a questo tramonto, e dal mio osservatorio

improvvisato sopra una collina di abeti, ero ridisceso al lago, seguendo il sentiero che conduce alle ruine d'un antico castello. Un ponte di legno gettato sull'Aar traversa il fiume rapido e solitario. Cadeva la notte. Le grosse campanelle sospese al collo delle mucche da lungi disseminavano le perle sonore del loro timbro pastorale. L'acre profumo delle piante alpestri scendeva nella pianura sulle ali d'una lievissima brezza. Pareva che un immenso raccoglimento avviluppasse l'intera natura; ed il viandante, isolato in quelle campagne, non poteva pensare che con malinconia al rapido succedersi dei giorni, delle stagioni e degli anni.

Ad un tratto, alla svolta d'un sentiero fiancheggiato da cespugli ed arbusti, la mia vista sino allora intercettata dalle siepi ebbe a sè dinanzi il panorama intero del lago, della pianura di canneti, delle colline boscose, e nel fondo del paesaggio, a più leghe di distanza, di tre bianchi giganti ritti nel cielo.

Sì, come tre giganti impassibili, il Monch, l'Eiger, e la Jungfrau erano là silenziosi, colla fronte eretta negli spazî, la testa cinta di ghiacci eterni, mirando intorno a sè l'avvicendarsi delle cose effimere, e tutto signoreggiando, tanto per l'età loro, quanto per la mole. Alla loro destra il sottile arco della luce tremolava come un filo d'argento fluido e trasparente; nel cielo brillavano le più belle stelle... Quale pittura, quale descrizione potrebbe riprodurre ore siffatte per l'anima che non le ha sentite? La musica, la soave melodia del pensiero immerso nei sogni della fantasia, essa sola varrebbe a ricondurre nel nostro seno la scomparsa impressione. La *Sera* di Gounod risveglierebbe forse in fondo all'anima i concerti uditi dallo spirito solitario, in que' momenti in cui i silenzî della natura sono così pieni d'eloquenza!

Quello dell' illuminazione delle Alpi è uno spettacolo ammirato da molto tempo. Una tra le sue manifestazioni più splendide è certamente quella che producesi sul dosso del monte Bianco veduto da Ginevra.

Il sole, dal momento del contatto del suo orlo inferiore colla cresta del Jura fino alla scomparsa totale del suo orlo superiore, impiega in media 3 minuti e 15 secondi per tramontare a Ginevra, 3 minuti al meno, al più 3 minuti e mezzo. Scomparso l'astro, il cielo, a ponente, se è puro, rimane brillante di viva luce bianca, o solo tinto leggiermente di una gradazione gialliccia. Se vi sono sparse delle nubi, i loro margini, ancora illuminati, coloransi vivamente in giallo dorato o ranciato, in rosso; ma il cielo stesso, nei loro intervalli, non partecipa ancora di que' vivaci colori, e rimane bianco senza provare alcun notevole cangiamento, salvo una diminuzione nell'intensità della luce.

L'ombra sale rapidamente sui fianchi delle catene, dice Necker di Saussure in una bellissima descrizione di questo effetto crepuscolare, l'intensità de' colori svanisce, li surroga una tinta oscura e trista, uniforme; ed è in virtù di questo rapido passaggio da uno stato ad un

altro pure diverso che si può calcolare con certezza, per ogni luogo, il momento preciso in cui la sua illuminazione deve cessare. Questa cessazione progressiva del dominio dell'ombra è accompagnata da un aumento apparente nello splendore, nella vivacità e nella colorazione delle parti ancora illuminate, prodotto dal contrasto. Allora le nevi delle montagne lontane ed illuminate hanno un colore ranciato vivo, mentre le roccie di quelle montagne offrono una tinta ranciata piuttosto rossa. Allorchè le appendici inferiori delle Alpi, sotto le nevi eterne, sono interamente nell'ombra, le roccie, e sopratutto le nevi della catena centrale, pigliano un colore sempre più intenso e più rosso; sulle nevi è un rosso aurora; sulle roccie una tinta analoga, ma un po' grigia. Le nevi e le roccie sono penetrate da questa stessa luce, e le loro varie gradazioni armonizzano insieme nel modo più gradevole all'occhio. La parte del cielo su cui projettansi quelle montagne, e che s'inalza da tre o quattro gradi sopra l'orizzonte, ha già una tinta leggiermente rossiccia e che da quell' istante va sempre crescendo d'intensità.

Circa 23 o 24 minuti dopo il tramonto, l'ombra ha raggiunto la più bassa cima nevosa della catena centrale, la guglia di neve del Buet alta 3075 metri e lontana da Ginevra 12 leghe; 3 minuti dopo, o 27 minuti dopo il tramonto, essa tocca la vetta dell'Aiguille-Verte, a 4080 metri di altezza assoluta. È allora che il monte Bianco, il quale rimane solo illuminato allorchè tutto il resto della superficie della terra è sepolto nell'ombra, pare brilli della più viva luce d'un rosso ranciato, e in certe circostanze, d'un rosso di fuoco come carbone ardente. Credesi allora di vedere un corpo straniero alla terra. Un minuto più tardi il Dôme du-Goûter, che ne fa parte, è oscurato; e infine, circa 29 minuti dopo che il sole è tramontato per la pianura, esso tramonta per la vetta del monte Bianco, posta a 4815 metri di altezza assoluta ed a 15 leghe di cammino.

Dal momento in cui l'ombra ha ricoperte le cime nevose, incominciando dal Buet, s'è operato un cangiamento notevole nell' aspetto di ciascuna di quelle di mano in mano ch' essa oscuravasi. Quei colori sì brillanti ed intensi, quell'effetto sì armonico d' illuminazione e di coloramento che confondeva le nevi e le roccie in una stessa tinta di aurora, di cui esse non presentavano che semplici gradazioni, tutto è svanito per far posto ad un aspetto che si può chiamar veramente cadaverico; poichè nulla più s'avvicina al contrasto fra la vita e la morte sul viso umano quanto il passaggio della luce diurna all'ombra della notte su quelle alte montagne. Allora le nevi son divenute di un bianco appannato e livido, gli strati e le punte rocciose che le attraversano o che ne sporgono hanno assunto tinte grigie o azzurrognole, le quali staccansi duramente dalla bianchezza delle nevi. Ogni effetto è cessato, ogni rilievo è scomparso; non più contrasto d'ombra e di luce, non più

molli contorni; la montagna si è schiacciata e sembra un muro verticale. La sua tinta generale è divenuta altrettanto fredda e dura quanto era stata prima calda e vivace.

Questo sì rapido passaggio a due stati tanto diversi rende da molto tempo il tramonto sull'immensa massa nevosa del monte Bianco uno spettacolo gradito, non solo pei forestieri, ma eziandio per coloro che, nati alle falde di quella montagna, parrebbe dovessero essere per lunga consuetudine abituati a quella vista. Ma vi succede un terzo stato di luce, il quale aumenta la vaghezza di tale contemplazione.

La parte del cielo vicina a questi monti e sulla quale essi projettansi, da noi già osservata con una tinta rossiccia, ha preso, dopo lo scoloramento e l'oscuramento delle montagne, uno splendore sempre più vivo ed un colore sempre più rosso. Se si continua ad osservarla attentamente, vedesi comparire, uno o due minuti dopo che la luce si è spenta sull'alto monte Bianco, nella parte inferiore di questo cielo rosso, una zona orizzontale, oscura, turchina, dapprima strettissima, ma che aumenta rapidamente d'altezza, e sembra scacciare in alto i vapori rossi di cui essa piglia il posto. Questa striscia è l'ombra che ricopre le regioni più elevate dell'atmosfera de' lontani paesi situati indietro.

Infine, allorchè la zona orizzontale turchina è passata oltre la vetta del monte Bianco, cioè quando sono scorsi in media 33 minuti dacchè il sole è tramontato per la pianura, allora vedonsi le nevi colorirsi di nuovo, e riacquistare in certa guisa la vita, le montagne riprendere il rilievo ed una tinta ranciata, quantunque molto più debole che prima del tramonto: vedonsi scomparire i contrasti fra le roccie e le nevi, chè le prime, preso un colore più caldo e più giallo, armonizzano di nuovo colle nevi. A poco a poco questo effetto si produce sulle montagne più vicine e dura fino a notte completa.

Per quanto sia splendido il tramonto sulle montagne, parmi sia ancor migliore sul mare. L'astro infiammato discende maestoso nella pianura liquida, e pare che l'infinito de' mari risponda all'infinito dei movimenti celesti.

La riflessione della luce sulle molecole atmosferiche, che costituisce il dolce e variato chiarore sparso nello spazio aereo, offre ad ogni ora un teatro di contemplazione di continuo rinnovato, giacchè dà al mondo terrestre il suo più brillante aspetto e la sua bellezza più sentita. I pianeti sprovveduti d'atmosfera non conoscono questa ricchezza. Ma, di solito, noi passiamo indifferenti dinanzi ai più magnifici spettacoli, senza permettere che il nostro pensiero venga trascinato ne' rapimenti offerti ad ogni istante dalla contemplazione del nostro mondo.

Perfino in seno alle città popolose, fra le volgari mura e le vie diritte della città, ci sono talvolta magnifici effetti di luce, a due passi dai *boulevards*, là dove l'uomo non ne cercherebbe, tanto la natura è

feconda e generosa nella distribuzione delle sue ricchezze. Qualche volta a Parigi ho provato le stesse impressioni che nelle Alpi o nelle nubi. Talvolta, attraversando la Senna, a malgrado degli omnibus e de' passeggieri affrettati, l'occhio è attirato da un irradiamento lontano del sole, che projetta dietro gli edificî i suoi bagliori rossi e tremolanti. Certi aspetti non possono a meno di fermare lo sguardo. Il viandante che si

Fig. 58. — La sera. — Campagna di Francia.

smarrisce sulle rive della Senna, ad oriente della rumorosa città, per le strade, per esempio, vicino all' imboccatura del canale, vede al tramonto, innanzi a sè, uscente dalle onde, l'alta, imponente e severa ombra di Nostra Signora, le cui torri quadrate dominano nello spazio, e la cui cuspide ergesi nel cielo. Più a mezzodì, egli vede, rialzata dai mille tetti della montagna di Santa Genoveffa, la cupola del Pantheon, sorretta dal suo colonnato, e che inalza nello spazio la propria guglia

pagana, la quale ricorda Roma politeista. Il fiume fa scorrere le sue onde verso la basilica cristiana, ch'esso racchiude nella sua isola, e d'ora in ora lentamente trasporta le acque, sempre rinnovate, verso ponente, verso il mare ove tutto s'inghiotte. È difficile contemplare questo panorama di Parigi nella luce della sera senza osservare quale grazia e quale dolcezza spande su tutte le cose la chiarezza atmosferica, il cui fluido etereo avvolge, quasi accarezzandoli, i contorni dei vecchî edificî. Tuttavia, in questo semplice panorama, solo due grandi oggetti colpiscono: la chiesa del medio evo colle sue memorie storiche; il monumento della patria col suo simbolo non per anco fatto realtà; ma questo generale rivestimento della luce atmosferica, quei fiotti vagamente seguìti dall'occhio e dal pensiero fino al Louvre, il silenzio di quelle regioni e perfino il monotono rumore d'una chiusa, tutto ciò insieme offre, alla stessa Parigi, per coloro che sanno vederlo, uno spettacolo commovente della natura, fecondo di pensieri, sulla durata degli edifizî umani in contrasto coll'effimera durata della vita nostra, la quale, simile alle molecole del fiume, non fa che scendere senza posa verso la morte.

Il sole al tramonto è quasi sempre accompagnato dalle nubi *cumulocirri* (1), che dànno a Parigi, sul ponte delle Arti e verso occidente, quegli aspetti del cielo, celebri per la loro bellezza. Queste nubi, da noi vedute a Parigi, sono sul mare di là delle coste normanne; sono all'altezza di 3 chilometri sopra l'oceano e formate di ghiaccio e di neve, anche nel mese di luglio. Son esse che producono le figure sì svariate di montagne, di pesci, d'animali e d'esseri fantastici che si contemplano gradevolmente, alla sera, sopra un fondo abbagliante, arricchito di tutte le tinte prodotte dalla rifrazione della luce.

Alle riflessioni precedenti possiamo aggiungere un'osservazione generale, ed in ispecial modo curiosa, relativamente all'influenza della luce della sera sulla costruzione delle città. Le città camminano verso ponente. Parigi, culla della quale è l'isola della Cité, ne' suoi successivi ingrandimenti ha manifestato costantemente una tendenza speciale verso l'ovest. Or sono 2000 anni Parigi era sul versante nord-est della montagna Santa Genoveffa, ove sonosi, non ha guari, scoperte le arene Sotto i Merovingi, essa discende, comincia il suo cammino verso occidente; è la Cité, e il suo meridiano è la lunga ed unica via sud-nord che si chiama San Giacomo al sud e San Martino al nord Più tardi, s'inalzano il palazzo di Giustizia e la Santa Cappella. Seguiamo i secoli. Il Louvre e la torre di Nesle hanno veduto spezzarsi la catena di ferro che chiudeva la capitale in quel punto del fiume, e i Campi Elisi, dalla Maddalena agl'Invalidi, hanno sviluppate dapprima le loro pas-

---

(1) Vedi al capitolo delle nubi.

seggiate primitive, poi si è formato il quartiere della Stella e Passy. Oggi abbiamo il bosco di Boulogne, e l'elegante Parigi s'allunga fino a Saint-Cloud. Il ceto ricco ha molta tendenza a partirsi verso l'occaso, abbandonando la parte opposta alle diverse industrie ed al ceto che lavora. Quest'osservazione può applicarsi non solo a Parigi, ma anche al maggior numero delle città grandi: Londra, Vienna, Berlino, Pietroburgo, Torino, Liegi, Tolosa, Montpellier, Caen, ecc., e fino a Pompei.

D'onde questa tendenza? — Un fatto sì generale non vuol essere ascritto al caso. È il corso della Senna che ha trascinato Parigi all'ovest? No. Il Tamigi scorre in senso opposto e Londra si è ingrandita verso occidente come Parigi. Quindici anni fa, il dottore Junod (resoconto dell'Accademia delle scienze, 1858) ha proposto di spiegare il fatto, dicendo che il vento di levante è quello che più alza la colonna barometrica, mentre il vento di ponente l'abbassa invece di più ed offre l' inconveniente di trascinar seco, sui quartieri situati a levante della città, i gas deleterî, di maniera che la parte orientale di una grande città sopporta non solo il proprio fumo e i proprî miasmi, ma quelli altresì della parte occidentale. Si può ammettere infatti che preferiscasi di abitare dove l'aria è pura e dove il vento soffia più di frequente.

Ma il vento non è lo stesso in tutti i paesi. Quanto a me sono più particolarmente disposto a vedere in questo fatto una prova dell'attrazione della luce. E il riflesso è assai semplice. È lecito osservare che i facoltosi vanno a passeggiare alla sera, e non alla mattina. Da qual parte ci rivolgiamo alla sera, qualunque sia il punto ove siamo? Sempre verso il bello spettacolo del tramontar del sole. Questa direzione generale induce a creare de' passeggi, delle case di campagna, delle villeggiature, ed a poco a poco allargasi in questo senso la popolazione ricca delle grandi città.

La natura esercita costantemente su di noi un'influenza muta, ma irresistibile. La composizione chimica dell'aria, il suo stato fisico, la sua trasparenza ottica, le sue variazioni di luce e d'ombra, il vento, le nubi, la periodicità delle mattine e delle sere, de' giorni e delle notti, delle stagioni, degli anni che si cambiano e si rinnovano, tutto quanto ne circonda, ci sostiene, ci nutre; la terra, l'acqua, le piante, il suono, la densità delle sostanze che costituiscono il pianeta e i nostri proprî corpi, il peso, il calore, le forze diverse che muovono il mondo, in una parola tutti gli agenti della natura, operano di continuo su di noi ed a nostra insaputa. Essi hanno composto l'organamento della terra; son essi che lo mantengono. Quali armenti parassiti disseminati sulla superficie di questo pianeta, noi siamo guidati ne' campi del cielo da una mano sovrana che non vediamo, da un destino che ci è ignoto. Tutti quaggiù ci agitiamo, facciamo a chi più corre, combattiamo le

battaglie della vita, di continuo ci diamo d'attorno come le formiche nei campi e nei sentieruzzi delle loro formicaje, e tutte le specie d'animali lavorano come la specie umana, e le piante pure nascono, crescono, fioriscono, fruttificano e muojono, e gli oggetti inanimati anch'essi camminano, il vento circola, il vapore acqueo s'inalza alle nubi, la pioggia cade, il fiume scende al mare, e perfino la terra corre con rapidità indescrivibile... verso che cosa? perchè? Che è mai quest' agitazione universale, instancabile? — Noi ignoriamo lo scopo e la fine di tale incomprensibile creazione. Ma ciò che sappiamo è che questo moto perpetuo costituisce la vita e la grandezza della natura. Bisogna rassegnarci a veder solo l'attualità; studiamola; è la maggior attrattiva della vita; studiando la natura di cui siamo figli, impariamo a conoscere esattamente noi stessi.

CAPITOLO III.

La notte.

La pace profonda scende dal cielo, e dileguansi in lontananza gli ultimi rumori del giorno. Tace la natura in attento raccoglimento. Gli oscuri sentieri del bosco non sono più illuminati che dal vago chiarore sparso nell'atmosfera del crepuscolo. L'usignuolo canta la sua tenera e instancabile canzone d'amore, che risuona nelle solitudini e si invola in limpide perle. Un soffio profumato accarezza le colline, e la trasparenza del cielo lascia appena brillare nella penombra Venere al

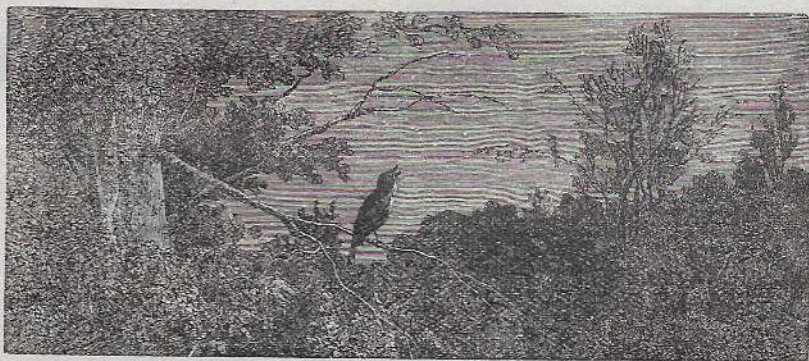



Fig. 50. — L'usignuolo.

tramonto e Giove sulla nostre teste. È l'ora tra le altre deliziosissima, in cui pare che le forze misteriose della natura s'addormentino, invitando alle intime espansioni il giovane cuore gonfiato da un fluido ardente ed in cui risvegliasi l'aspirazione verso il bello, verso il grande, verso l'ideale. Per un istante il mondo sembra trasformato. Non più rumori, non più agitazione, non più l'arrabbattarsi guerresco e tempestoso fra gli esseri. L'oceano diventa lago, ed i paesaggi aprono in una tranquilla dolcezza il sentiero della passeggiata solitaria. O notte pensosa e tacita, che sulle vaste tue ali rechi il vago fantasticare e l'oblìo delle materiali preoccupazioni, quanta riconoscenza non ti debbono le anime che tu hai cullate negl'incanti del cielo! Quante profonde e sacre

tenerezze si sono comunicate e fuse insieme sotto la saggia influenza delle tue ombre protettrici! E però quante pene, quanti dolori non ha saputo sospendere il sonno? Quante fatiche non ha fatto scomparire, quante disperazioni non ha dileguate coi beneficî del riposo e colle promesse inattese della gaja speranza?

Con passione io amo la notte sublime, che possiede la singolare potenza di sostituire il mondo del pensiero intimo al mondo della materia, e di svolgere il panorama de' cieli allo sguardo contemplatore, voglioso di conoscere gli altri mondi invisibili, durante la luce diurna. Ma quello che più mi colpisce è il pensare che per produrre sulla terra tale sorprendente trasformazione, la natura non ha che alzare l'orizzonte sopra il luogo del sole, e che in virtù di questo solo movimento della sfera il mondo morale subisce una metamorfosi non meno completa di quella del mondo fisico. Ciò che assai mi sorprende è di vedere specialmente che, durante la silenziosa notte, cagionata dalla rotazione del globo, le forze incessanti dell'universo continuano ad agire, e trasportare il nostro globo nel vuoto del deserto eterno, a condurlo coll'energia della severa potenza attrattiva attraverso i molteplici movimenti di cui è schiavo, a fargli percorrere 26 800 leghe all'ora... mentre noi dormiamo e fantastichiamo nelle materne carezze della notte sì dolce e sì tranquilla.

Quale contrasto! quale maravigliosa opposizione fra la squisita serenità di una limpida notte e la forza colossale, che mentre produce quest'effetto, trasporta la terra nell'alto spazio con velocità vertiginosa!

Durante una notte di dieci ore il nostro pianeta ha attraversato nell'immensità un'estensione di 268 000 leghe! Ogni punto della sua superficie, trascinato da ponente a levante dalla rotazione diurna, ha percorso quasi la metà della circonferenza della sua latitudine. Ora, nel volgersi di questo tempo, il contemplatore ha potuto seguire lentamente il movimento apparente, sebbene insensibile, della sfera stellata che gli sta sul capo, e studiare il cielo esterno, in virtù della trasparenza dell'atmosfera.

La vòlta stellata della notte non esiste più che non esista la vòlta azzurra del giorno. L'una e l'altra sono cagionate da una stessa proprietà dell'aria che agisce in senso contrario. L'involucro atmosferico è infatti *trasparente* a sufficienza perchè le stelle lontane ci siano visibili; esso non lo è però assolutamente, chè in tal caso il cielo sarebbe nero, incoloro, invece di offrire quel velo azzurrino, fluidico, formato dalla riflessione della luce sulle molecole aeree non assolutamente trasparenti.

Nel seno dell'universo stellato, il nostro occhio attribuisce vagamente ad una vòlta fittizia, di cui è il centro, tutti i punti luminosi disseminati nello spazio; la sfera celeste in mezzo alla quale supponesi la Terra, è nata ad un tempo dalla nostra propensione ad attribuire tutti questi

punti ad una stessa superficie curva, ad una stessa distanza, e dalla necessità in cui ci siamo trovati di delineare le costellazioni, e di denominarle per riconoscerle. Ma in realtà le stelle, che sono altrettanti soli, sono a distanze diversissime di là della pretesa vòlta stellata. Si può averne un esempio osservando che il cielo coperto di nubi che danno la pioggia, non è ad altezza maggiore di 1500 metri (spesso meno), e che dalle nubi alla luna v'ha 25 000 volte questa tratta; e osservando di più che la luna situata a 96 000 leghe di qui, non è la *milionesima* parte della distanza che ci separa dalla stella più vicina (del Centauro), e che le stelle, le quali ci sembrano vicine, sono situate le une dietro le altre a tali distanze che dall'una all'altra contansi trilioni di leghe!

I filosofi dell'antichità avevano ammesso la realtà della vòlta celeste; per un gran numero le stelle non erano che chiodi d'oro, e gli aeroliti pietre staccate dal firmamento. Collo spezzare il cristallo dei cieli, Copernico e Galileo hanno fatto conoscere l'universo nelle sue vere proporzioni.

Vedremo più innanzi qual parte rappresenti la notte dal punto di vista meteorologico, lasciando perdere nello spazio parte del calore acquistato durante il giorno. Fra poco anzi avremo occasione d'intrattenerci su certi fenomeni della notte, quali sono i bolidi, le stelle filanti, la luce zodiacale. Nel presente capitolo, che considera la notte soltanto dal punto di vista della successione cagionata nella distribuzione della luce dalla rotazione del globo, noi possiamo, dopo le stelle, ricordarci della presenza della luna e dell'incanto del suo raggio notturno.

Tanto dal punto di vista della scienza, quanto da quello dell'arte, il chiarore sparso dalla luna sulla nostra atmosfera meriterebbe uno studio speciale, a motivo della varietà che presenta secondo i climi.

Sarebbe mestieri ci trasportassimo nelle regioni polari per godere la vista completa di una lunga notte ghiacciata, illuminata dal pallido chiarore della luna. Colà, in quella notte invernale che dura mezzo anno, la luna si alza una volta al mese e rimane quindici giorni al disopra dell'orizzonte. La fase del levarsi è quella del primo quarto. Dopo essere apparso, l'astro s'inalza a poco a poco, descrivendo, durante la metà della durata di sua presenza, sette giri e mezzo intorno all'orizzonte. Nello stesso tempo la fase aumenta, arriva al plenilunio, ed il globo lunare fermasi alla sua altezza massima, la quale non oltrepassa mai il 29°. Esso ridiscende allora, facendo ancor una volta sette giri e mezzo intorno all'orizzonte, e all'ultimo quarto si corica e sparisce per quindici giorni. Questo lungo soggiorno della luna sull'orizzonte dei poli spiegasi mediante l'inclinazione della terra sul piano della sua orbita, del che ci occuperemo quanto prima, a proposito delle stagioni e della variazione dei giorni e delle notti.

Verso le nostre latitudini temperate si vede la luna alzarsi e tra-

montare tutti i giorni, mentre in pari tempo essa giunge ad altezze ognora più elevate sopra l'orizzonte.

La lunga illuminazione delle notti polari offre per noi un carattere fantastico e bizzarro. I pallidi riflessi della luna, dice Liais, vi si spandono sul denso strato di neve che copre e dissimula il suolo, e i fianchi, talvolta irti, di gigantesche masse di ghiaccio variano soli l'uniformità di tale spettacolo colle loro stalattiti dalle forme bizzarre, ora delicate e somiglianti ai trafori dei nostri gotici monumenti, ora presentanti all'occhio lunghi colonnati. In mezzo a quella natura morta e desolata veggonsi bellissimi effetti di luce. Bene spesso piccoli cristalli di ghiaccio galleggianti nell' atmosfera danno luogo a grandi cerchi

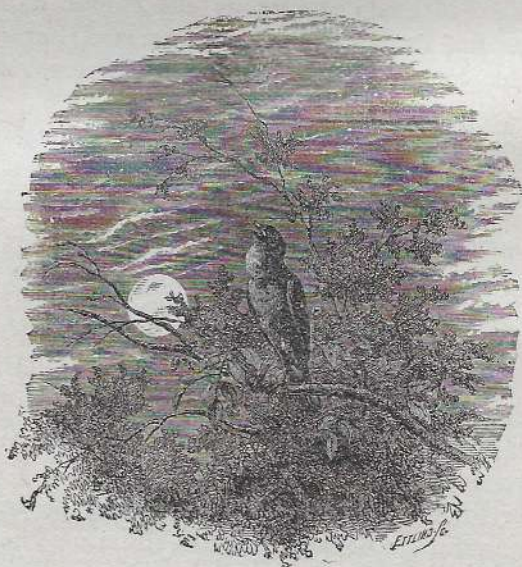



Fig. 60.

bianchi che vanno a circondare la luna, ed all'immensa varietà degli aloni e dei paraseleni, di cui parleremo più lungi. Spesso anche la debole luce dell'astro non può arrivare a spegnere i brillanti riflessi dell'aurora boreale, i raggi e gli archi della quale, allora indeboliti, si uniscono ai circoli bianchi o colorati prodotti dalla luce della luna che attraversa i cristalli atmosferici. Altrove, sul suolo, aghi di ghiaccio posti nell'ombra riflettono con pallido e fosforescente chiarore le nevi illuminate; oppure, le stalattiti di cristallo esposte all'azione diretta dei raggi lunari ne moltiplicano l'imagine. Se nei nostri climi non abbiamo di tali spettacoli, la nostra estate quale compenso ci dà notti calde e piacevoli; la presenza della luna rischiara campagne coperte di vita; i raggi di quest'astro, scherzando tra il fogliame degli alberi, spandono

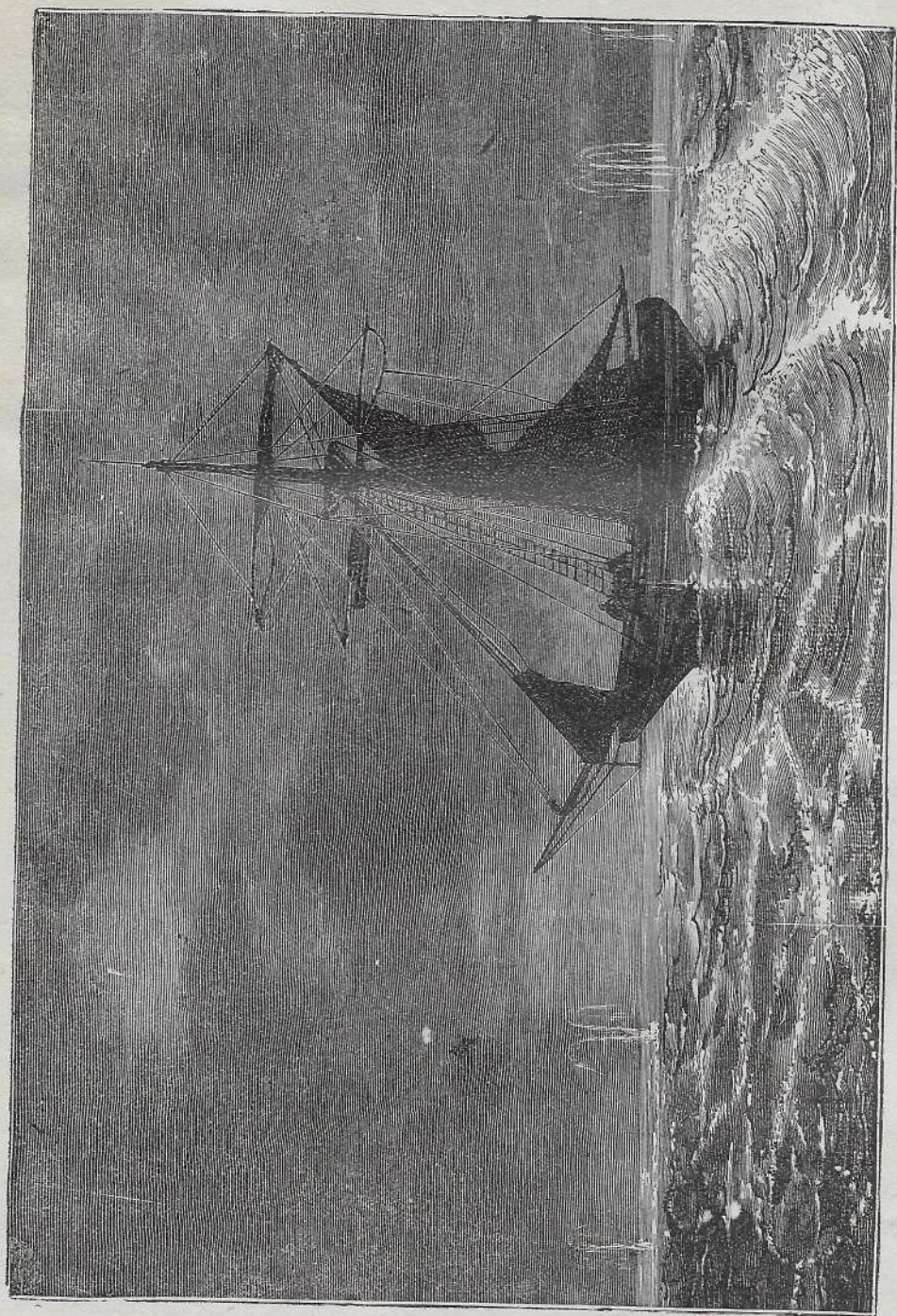



Fig. 61. — Fosforescenza del mare.

una specie di dolce malinconia, la quale invita a pensare ed a meditare.

I lumi di luna, nelle nostre regioni temperate, offrono un attrattiva affatto particolare; come diceva Ossian, sono il divino accompagnamento delle notti solitarie, velate dalle nubi leggiere che la brezza trasporta, animate dalle note malinconiche del « sweet nightingale », il dolce cantore di mezzanotte.

In Europa, come in tutte le zone temperate, la luna, al tempo di sua pienezza, raggiunge un'altezza al disopra dell'orizzonte molto maggiore in inverno che in estate. Questo deriva da ciò che il cammino ch'essa percorre è presso a poco il medesimo descritto dal sole. Ora, quando il nostro satellite ci mostra la sua faccia illuminata, egli è precisamente all'opposto del sole, vale a dire in quella parte dello zodiaco ove quest'ultimo era situato nei mesi addietro. Così, in estate, il plenilunio è nella regione del cielo occupata in inverno dal sole, regione che pei nostri paesi apparisce vicinissima all'orizzonte meridionale. D'inverno, al contrario, il plenilunio ha luogo in quella porzione dello zodiaco ove il sole brilla d'estate.

D'altronde l'altezza della luna varia ogni anno. Così, in questi anni, la luna sale più in alto che una diecina di anni sono, dieci volte circa il suo diametro. Essa comincia ora a diminuire di altezza e nel 1876 sarà al *minimum.* L'oscillazione dura 19 anni.

In generale può dirsi che nei nostri climi l'illuminazione lunare meno intensa è precisamente quella della stagione in cui i nostri alberi sono in foglie. Così i nostri lumi di luna estiva, i soli che potrebbero essere paragonati a quelli dei tropici, a motivo dell'incanto speciale sparso dal bianco chiarore del nostro satellite sopra una natura di attiva vegetazione, sono tuttavia molto inferiori a quelli della zona torrida, ove la luna giunge perfino a lanciare dallo stesso zenit raggi condensati su paesaggi di verdura. La trasparenza dell'atmosfera tropicale, dice inoltre l'astronomo succitato, favorisce l'intensità dell'illuminazione, e sotto una luce più che tripla di quella che esiste in estate nei nostri climi, le forme maestose dei grandi monocotiledoni si disegnano in mezzo alla massa generale dei fogliami con un carattere di bellezza indescrivibile.

Si valuta la luce della luna alla trecentomillesima parte di quella del sole. Le ultime misure del suo calore fanno supporre ch'essa non possa produrre alla superficie terrestre che l'elevazione di 12 milionesimi di grado.

Uno tra i più curiosi spettacoli delle notti estive, e che presenta come un riscontro pel quadro della vòlta celeste, è la fosforescenza del mare.

Non appena il sole è sparito dall'orizzonte, sciami innumerevoli d'animaluzzi luminosi vengono attirati alla superficie del liquido da certe

circostanze meteorologiche. Un nuovo chiarore sorge dal seno delle onde. Direbbesi che l'oceano tenta di restituire durante la notte i torrenti di luce da esso ricevuti di giorno. Questo strano splendore nasce qua e là per mezzo di una quantità innumerevole di punti che ad un tratto s'illuminano e scintillano.

Quando il mare è tranquillo, par di vedere alla sua superficie milioni di vive scintille, che galleggiano e vanno cullandosi, e, in mezzo ad esse, capricciosi fuochi fatui che si inseguono e s' incrociano. Queste subitanee apparizioni si riuniscono, si separano, si raggiungono, e finiscono col formare un vasto lenzuolo di fosforescenza azzurrognola o bianchiccia, pallida e vacillante, in mezzo al quale si fanno distinguere ancora di tratto in tratto piccoli soli sfolgoreggianti che conservano il loro splendore.

Quando il mare è molto agitato, pare s' infiammino le onde. Si inalzano, i fiotti corrono, ribollono e s'infrangono in fiocchi di spuma che brilla, e spariscono come le scintille d'immenso focolare. Allargandosi sulle roccie della spiaggia, le onde le ricingono di una fascia luminosa; il più piccolo scoglio ha il suo cerchio di fuoco. Ogni batter di remi fa scaturire dall'oceano sprazzi di luce; qua deboli, poco mobili e quasi contigui; là splendenti, vagabondi e dispersi come un tappeto di perle cangianti. Le ruote dei battelli a vapore agitano, sollevano e precipitano fascî di fiamme. Quando un vascello solca le onde, spinge innanzi a sè due fiotti di fosforo liquido, e traccia in pari tempo, dietro la poppa, una lunga striscia di fuoco, la quale scompare lentamente, come la coda di una cometa!

Una notte dell' agosto 1865, navigando sulle coste della Manica, io ero seguìto da una traccia luminosa, la quale segnava la strada percorsa dal nostro piccolo battello a vapore, e ci avviluppava talvolta in un vero fuoco artificiale.

Eransi imaginate parecchie spiegazioni di questo brillante e curioso fenomeno. Attualmente è noto ch'esso è dovuto alla presenza nelle acque di animaluzzi microscopici in numero incalcolabile, i quali producono anche di giorno l'aspetto del *mare di latte*, e fanno somigliare l'Oceano ad una pianura di neve o di creta.

Quello tra gli infusorî pelagici che contribuisce maggiormente alla fosforescenza del mare sembra essere il « nottiluco miliare ». Questo animaluzzo è stato dai naturalisti assomigliato ora agli anemoni, ora alle meduse ed alle foraminifere. È sì piccolo, che in 30 centimetri cubi d'acqua possono esistervene 25 000!...

Il nottiluco, a prima giunta, sembra un globetto di ghiaccio trasparente. Esso offre qua e là, nel suo interno, de' granelli brillanti, che sono germi senza dubbio. Questi appariscono e scompajono con rapidità; la minima agitazione determina il loro scoppio. Questi punti for-

mano tutt' al più la venticinquesima o la trentesima parte del gran diametro del globetto. I nottiluchi smaltano la superficie dell'acqua come piccole costellazioni cadute dal firmamento.

Nè sono questi i soli animali che producono fosforescenza. Tale stato brillante del mare è determinato eziandio da meduse, da asterie, da molluschi, da nereidi, da crostacei e perfino da pesci... Codesti animali generano la luce come la torpedine genera l'elettricità. Moltiplicano e diversificano gli effetti del fenomeno.

Per la maggior parte sembrano possedere la loro fosforescenza come la lucciola il suo piccolo fanale; giacchè parecchi ne aumentano e ne diminuiscono l'intensità secondo le circostanze, e possono anche spegnerla affatto. Quando appare più intensa e più viva è nel tempo degli amori, durante il quale sembra che questi piccoli esseri si fondano interamente in una fiamma che li consuma.

Il nostro disegno (fig. 61) rappresenta un quadro del maraviglioso fenomeno della fosforescenza del mare, abbozzato dal signor Poussielgue nel suo viaggio alla Florida, nel settembre 1851. « Ogni onda, dice il viaggiatore, scorreva avvolta in una bianca luce, quasi lenzuolo frangiato e luminoso che si stende come una sciarpa e ondeggia nell'Oceano. La goletta era più nera del cielo; noi medesimi, sulla coperta, non vedevamo a due passi di distanza; navigavamo sul fuoco; ogni ondata che veniva a colpire la prora, rimbalzava in fascî splendenti. Un secchio, che calammo per attingere acqua, pareva sprofondasse in una fornace, ed ascese pieno di fiamme liquide; la corda e le nostre dita umide erano fosforescenti, come allorquando si sono toccati solfanelli umidi.

« Torme di pescicani, che in quella sinistra notte, pur cacciando, presentivano la tempesta, lasciavano nel potente loro solco strascichi luminosi; sarebbersi detti cunei infocati che incrociavansi intorno alla nave: ma quando uno di tali pesci batteva l'onda colla coda, faceva spicciare fascî di fiamme che ricadevano in scintillanti cascate. Due o tre grossi soffiatori, che galleggiavano presso a noi, lanciando l'acqua dai loro soffioni producevano getti infocati d'effetto mirabile.

« Qui non è tutto, viene il meglio! Alla luce bianca unisconsi i fuochi colorati; il fuoco di Sant'Elmo, violetto cangiante, serpeggia all'estremità degli alberi e delle antenne; l'elettricità delle nubi che ci avviluppano scherza intorno al nostro parafulmine, la cui punta produce l'effetto della pila di volta. Ma anche questo non è nulla; ad una certa profondità formansi rosoni, stelle, catene, nastri di fiamme di regolarità meravigliosa, che ondeggiano coi cavalloni, imitando in tal fuoco d'artifizio del mare le ghirlande di vetro che sospendonsi alle pavesate antenne delle nostre feste nazionali! »

Avendo fatto pescare alcuni di siffatti molluschi fosforescenti, l'au-

tore constatò che ogni estremità di quei tubi viventi portava delle ventose colle quali si appiccicavano ai loro congeneri; così riuniti, formavano agglomeramenti composti di parecchie migliaja di individui, i quali, aggregandosi, assumevano perfette forme geometriche.

La fosforescenza non è rara sulle nostre coste di Francia, sebbene sia meno frequente che nelle regioni tropicali. Sopratutto si manifesta durante le stagioni calde e nei giorni di temporale. Di solito anzi precede l'uragano, e potrebbe senza contestazione servire di segno foriero del cangiamento di tempo.

Nel settembre 1869, il signor Decharme, di Angers, osservando tale fenomeno più o meno intenso sulle coste di Bretagna, raccolse dell'acqua fosforescente. Allo stato di riposo essa perdeva assai prestamente il suo splendore; ma scossa l'ampolla, l'acqua diventava tosto luminosa. Di giorno, gli animaluzzi erano visibili con un piccolo microscopio, il quale ingrandiva 40 volte il diametro, e somigliavano a piccole lenti diafane di 2 a 4 millimetri. Una sera di temporale l'ampolla divenne spontaneamente fosforescente.

La causa della fosforescenza del mare è permanente, ed il fenomeno varia solo d'intensità. Difatti, prendendo dell'acqua di mare in un giorno qualunque in cui essa non sembra fosforescente alla spiaggia, si trova che contiene in ogni tempo (almeno nella stagione calda, stagione dei temporali) un numero più o meno grande di animalucci fosforescenti, numero che varia secondo lo stato dell'atmosfera. Per constatarne la esistenza, basta, quand'essi non si fanno spontaneamente luminosi dopo leggiera agitazione, cosa che di raro avviene, svegliarli col versare alcune goccie di un liquido eccitante, come sarebbe l' alcool od un acido. Allora, scuotendo il vaso, scorgonsi indubitatamente varî punti fosforescenti.

L'attento esame dell'acqua di mare, sotto il rapporto della fosforescenza, potrebbe fornire dati utilissimi alla meteorologia dei temporali. Inoltre sarebbe cosa agevolissima ai marinaî ed agli abitanti delle coste il fare molte osservazioni su tali oggetti; e in breve se ne trarrebbero le conseguenze e le indicazioni che questo curioso fenomeno comporta.

CAPITOLO IV.

Il mattino.

Attratta dal fecondo effluvio della luce solare, la terra gira nell'irradiamento luminoso, presenta la sua fronte al sole, e per sè costituisce un perpetuo mattino mediante la regolare successione dei suoi meridiani sotto il re degli astri. Per ogni regione del globo il mattino arriva, in relazione coll'apparente corso diurno del cielo; per l'insieme del globo il sole si alza costantemente, distribuendo sempre, dal principio del mondo, la lieta ora del levarsi alla circonferenza ognor rinascente del mobile nostro pianeta.

Vi sono mondi che non hanno mai lo spuntar del sole, mai il mattino, mai la sera, mai la notte: sono quei mondi alla cui superficie regna di continuo una luce vuoi diffusa e dolce, vuoi abbagliante, e che attingono nella loro propria atmosfera tale permanente chiarore. Sonvi altri mondi sui quali appariscono e scompajono soli colorati, che sostituiscono le fiamme dello scarlatto, del rubino o dello smeraldo alla bianca luce caratteristica del nostro sole. Questi mondi illuminati dai varî soli di diverso colore non sono rari nello spazio. Ve ne sono altri ancora pei quali il ritorno quotidiano della luce e del calore non avviene regolarmente come quaggiù, ma è invece sottomesso a fluttuazioni che ora offrono mattine infiammate da torrenti di luce, ed ora lasciano usurpare dalla notte il dominio del giorno.

Perciò, quanto vediamo sulla terra non è l'imagine di similitudini assolute per gli altri mondi. Noi non sapremmo mai apprezzare abbastanza il sistema organico stabilito dalla natura a favore del nostro pianeta. Quale spettacolo più degno d'attenzione di quello del quotidiano ritorno della luce nell'atmosfera del nostro mondo oscuro, sopratutto quando, mentre si pensa a tale ritorno, se ne vedono con una sola occhiata tutte le conseguenze osservando l'incessante rinnovarsi della vita!

L'ora dello svegliarsi della natura all'aurora è un'ora di pace ad un tempo e di attività. Tutti gli esseri, togliendosi ad un riposo rigeneratore, riprendono l'interrotto ciclo del loro terrestre destino, e però,

come la primavera nell'anno, così il mattino è nel giorno l'istante del rinnovamento. Gli augelli cantano, rivolti all'astro raggiante, il loro cantico mattuttino, con voce tanto pura nell'ordine del suono quanto lo è l'aurora nell'ordine della luce. Intorno alle abitazioni campestri, i nostri animali domestici cercano istintivamente nella luce la libertà, l'attività, l'agitazione, ed escono con gioja dalla loro inoperosa letargia. Tuttavia la nostra specie umana, per una grande e malaugurata eccezione, si è avvezzata nelle grandi città a fare del giorno notte e della notte giorno. La mezzanotte non è più il mezzo del sonno, e il mattino comincia a Parigi poco innanzi mezzo giorno per estendersi fino al tramonto del sole. È questa una singolare trasformazione cui i soli astronomi potrebbero giustificare, e che pure forma attualmente la regola generale delle città ed esercita, senza dubbio alcuno, una funesta influenza sulla salute e sulla forza organica generale.

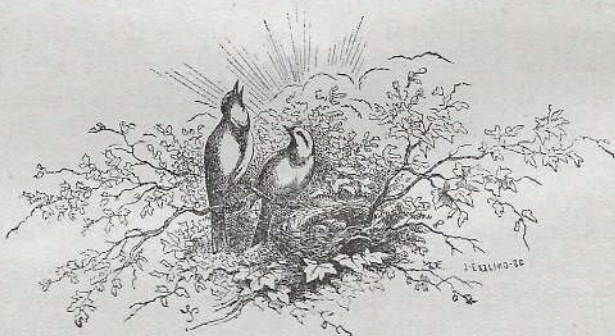



Fig. 62.

Come lo abbiamo veduto, la rifrazione atmosferica fa nascere il giorno prima del levar del sole, e lo prolunga oltre il suo tramonto. Ne' miei viaggi scientifici in pallone ho potuto fare alcune esperienze speciali sulla luce dell'aurora.

Nel tempo del solstizio d'estate, quando l'atmosfera è serena e non havvi la luna, a mezzanotte una elevazione di 200 metri sopra la nebbia inferiore basta per osservare al nord la luce del crepuscolo nettamente disegnata.

Quando la luna brilla nella sua pienezza, egli è facile seguire il confronto della sua luce con quella dell'aurora. Ciò è quanto ho fatto varie volte, e tra le altre le notte dal 18 al 19 giugno 1867. Paragonando simultaneamente la luce della luna, ch'era passata allora al meridiano, con quella dell'aurora, e seguendo il crescere di questa, ho riconosciuto che le due luci si sono uguagliate a 2 ore e 45 minuti del mattino, 1 ora e 13 minuti prima del levar del sole. Dopo tale istante la luce dell'aurora prese il sopravvento su quella del nostro satellite.

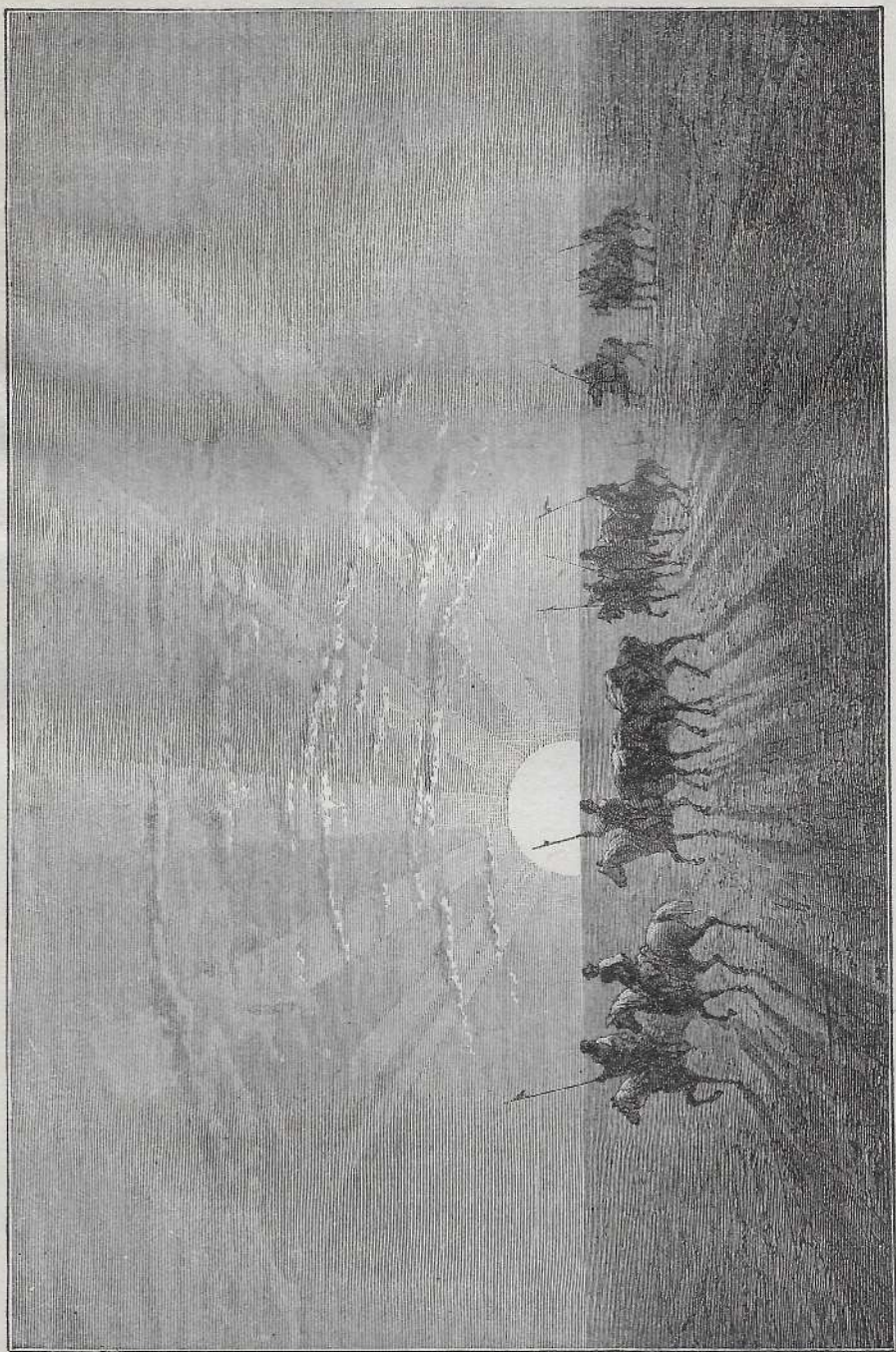



Fig. 63. — Il levar del sole nel deserto.

Quanto maggiormente mi sorprese in quell'osservazione, fu il riconoscere che la bianchezza leggendaria del lume di luna non è tale che in confronto alle nostre luci artificiali. Esso diviene rossa davanti alla luce dell'aurora, come quello del gas in confronto suo.

Una differenza notevole distingue pure la luce dell'aurora da quella della pallida Febea. Anche allorquando la prima non ha peranco raggiunta l'intensità della seconda, la luce dell'aurora *penetra* negli oggetti della natura, mentre quella della luna *scorre* alla loro superficie e li sfuma vagamente.

Anche quando il cielo è purissimo, le regioni vicine alla terra, viste dall'alto, pajono sempre velate e turbate da vapori. Gli è in tali altezze che sarebbe utile edificare degli osservatorî.

Quale spettacolo più sublime di quello del levar del sole, osservato

Fig. 64. — Il mattino.

dalle altezze dell'atmosfera o dalle sommità delle montagne? Nel deserto l'astro sfolgoreggiante appare come un re che si sveste dalla porpora gloriosa; i raggi del suo diadema si slanciano attraverso le nubi superiori, e, come altre volte l'abitante delle isole profumate del Peloponneso salutava Elio o Febo Apollo, l'arabo saluta il radioso Scems, imagine del grande Allah, tre volte santo! Sul mare, il suo primo raggio d'oro fiammeggia ad un tratto, poi il disco luminoso sale con solennità al disopra delle onde. Da qualunque punto si contempli tale spettacolo, è difficile non trovarlo grande e maestoso.

Fra i diversi quadri della natura che mi fu concesso ammirare, quello la cui ricordanza ancora mi colpisce di più, è una rara levata di sole alla quale ho assistito in pallone, una bella mattina d'estate, a 2400 metri di altezza sopra il Reno.

Le nubi eransi appena formate, fra le 2 e le 3 del mattino, in

regioni aeree inferiori alla nostra, e coprivano qua e là la vasta campagna. Le immense foreste della Germania si svolgevano a più di due chilometri sotto di noi; distinguevamo quasi al nostro nadir Asquisgrana; a sinistra, in lontananza, i terreni paludosi dell'Olanda; a destra il ducato di Lussemburgo; dietro di noi, presso al sole, Westfalia; da lungi il Reno che svolgeva i suoi bianchi e serpeggianti anelli. Colonia avvicinavasi con la sua nera cattedrale al centro del semicerchio. Da lunga pezza l'aurora spandeva sulla terra una luce sempre crescente, e per un singolare effetto del miraggio, o per la fortuita disposizione delle ombre delle nubi situate all'altezza nostra, un vasto paesaggio si disegnava all'oriente con tinte e gradazioni vaghe simili a quelle del marmo.

Dietro quelle magiche scene, quelle muraglie, quelle torri e quei campanili projettati su quello strato lontano di nuvole, si presentiva il prossimo arrivo del dio della luce, il quale colla sua maestà stava per fare in un subito sparire tutte le ombre del crepuscolo. Un assoluto silenzio circondava la nostra navicella, mentre le nubi si formavano e si scioglievano sotto di noi.

Per vero, io non saprei meglio paragonare il progressivo aumento della luce orientale e i sintomi precursori del levar del sole, che ad una melodia eccessivamente pura, la quale si lasciasse dapprima indovinare anzichè comprendere, perchè suonata a grande distanza. Poi quel mormorìo, quel preludio si accentua di più, e già si distinguono gli accordi delle diverse parti. L'orecchio, sedotto dall'inebriante armonia, come l'occhio bagnato nella luce celeste, tenta discernere nell'insieme il motivo che si stacca dall'accompagnamento sonoro. Ma attraverso i fremiti delle corde basse, sotto le variazioni e le fioriture dell'armonia, ad un tratto erompe nella sua grandezza la potente ed abbagliante fanfara... il dio della luce fiammeggia! L'atmosfera è d'improvviso penetrata nelle sue immense regioni dai fuochi del suo inesauribile irradiamento.

Tali spettacoli aerei sono rari. Più frequente è l'o servazione del levar del sole sulle montagne.

A mio avviso, i più bei tramonti del sole sono quelli del mare, e le più belle levate di quest'astro sono quelle delle montagne o delle ascensioni aeree.

Tutti i turisti che ogni anno percorrono le Alpi Svizzere sono ascesi almeno una volta sulla cima del Righi, piccola montagna di 1800 metri, che s'inalza isolata in mezzo ai laghi, e dà al naturalista la successione di tutti i climi fino alle ultime specie vegetali. Affine di permettere che si abbiano a figurare l'impressione dello spuntar del sole nelle Alpi coloro che non l'hanno mai provata, estraggo da' miei appunti di viaggio l'osservazione che ne ho fatta io stesso nel set-

tembre 1868. È una descrizione semplice, che può dare un' idea della natura di uno spettacolo sì bello.

... Ho assistito stamane allo spuntar del sole dall'alto di questa bella montagna, che domina, mercè la sua felice giacitura, il panorama della Svizzera. È cosa inaudita. Niuno può formarsi un'idea di questa illuminazione dei ghiacciaî nel cielo prima del visibile arrivo del sole sulla montagna, quando non la si è veduta coi proprî occhi. Jeri, verso la una, abbiamo incominciato l'ascensione — una vera carovana; — guide che portavano vestimenti pel nostro arrivo, cavalli e muli per le signore che non osavano avventurare i loro delicati piedi su questi aspri versanti, palanchini per gl' invalidi o timidi, ecc., tutto ciò si mette in moto nello stretto cammino che incomincia al lago di Zug, ad Art, e serpeggia per foreste, boscaglie, rupi e torrenti, fino a Kulm, ossia fino alla vetta del picco. Alle sei eravamo su quella splendida cima, da cui si scoprono e l'immensa catena di ghiacciaî delle Alpi dell'Oberland, e le vette successive delle più alte montagne, e il tanto svariato rilievo di questa contrada frastagliata, e i versanti delle colline più prossime, e i pascoli e le praterie verdeggianti di questo paradiso terrestre, e gl'innumerevoli laghi che riflettono il cielo, e le vispe città in miniatura, e i villaggi, e i *chalets* rossi, disseminati in tutti i punti di questo giardino. Noi avevamo fatto, lungo la strada, alcune soste necessariissime pei polmoni, per le gambe e anche per la gola.

Nel salire ammirasi la bella valle che si estende appiè del Righi, ma lo sguardo ed il pensiero restano penosamente sorpresi dalla famosa frana del Rosberg, che inghiottì tutto il ridente villaggio di Goldau, e colmò parte del suo lago. Quella cresta ancor bianca dell'alta montagna, quei grigi scogli ammonticchiati nella pianura invitano a meditare sugli incessanti movimenti della natura, i quali si compiono come se l'uomo non esistesse neppure sulla terra.

Quanto al levar del sole, io penso non possa mai essere stupendo in nessun luogo della terra quanto lo si è visto dal pallone.

Quivi è sublime ed indescrivibile. Credo anzi ben limitato il numero delle anime che lo sentono esattamente e delle menti che lo comprendano in tutta la sua verità.

D'altronde, la scena, l'istante, la situazione, la novità formano un eccellente preludio a tale spettacolo. Un'ora prima del comparir del sole, il canto pastorale della zampogna sveglia i viaggiatori. Noi eravamo in 230! La luna spandeva un debole chiarore nell'atmosfera, e si distinguevano da lungi i bianchi ghiacciaî illuminati da una tinta muta e malinconica. Giove brillava a fianco della Luna, e Venere risplendeva all'oriente. A un tal quadro particolare della notte succedette la toeletta delle montagne. A poco a poco, lentamente, esse levansi in certo modo dall'oscurità onde erano circondate e si mostrano nelle loro forme e nella loro fraternità. Una luce diffusa si manifesta ed accresce nel freddo ed umido aere mattutino. All'est, l'orizzonte è merlato dai grigi frastagli, i quali non disegnano sullo spazio più luminoso che l'ombra della sommità.

È allora che verso il sud i pallidi ghiacciaî, appena visibili sotto il regno della luna e dell'aurora, vestono un color di rosa, un rosa delicato e veramente celeste: pare che il sole si levi allora soltanto per quelle vette lontane. Le argentee cime s'indorano e si riuniscono, e formano nello spazio un bellissimo paesaggio che riterrebbesi prodotto dalle nubi.

Questa illuminazione delle Alpi allo spuntar del sole offre un carattere d'immensità e di potenza che ci dà un'idea affatto speciale della superficie terrestre e del suo *movimento verso la luce.*

Dopo questi ghiacciaî, altri ghiacciaî s'illuminano alla loro volta. Dalla vetta del Righi dominasi l'orizzonte in tutta la sua circonferenza. Il Finsteraarhorn, l'Eiger, il Monch, la Jungfrau, il Blakenstock, l'Uri, il Sanctis, il Gloernich e cento altri appajono in quel dolce splendore. Dai rosei ghiacciaî l'occhio ritorna ai frastagli dell'orizzonte orientale.... quando ad un tratto un piccolo raggio rosso apparisce e riempie lo spazio. Allora, lentamente, maestosamente, l'astro fiammeggiante par che esca dai cieli bigi, e a poco a poco, distribuendo la luce mattutina su tutti i punti, fa sorgere dall'ombra montagne dietro montagne, paesaggi dietro paesaggi, sviluppando per così dire il panorama con una serie di piani che si mettano in disparte ed indietreggino, di modo che i ghiacciaî, primamente veduti, sembra si allontanino sempre più, e lascino un immenso spazio alla successione delle montagne, delle colline e delle valli più vicine...

La luce del sole dà al nostro pianeta i suoi ornamenti e la sua bellezza, alle campagne il verdeggiante tappeto dei prati, ai solchi l'oro delle bionde spighe, ai fiori i colori loro cangianti, al cielo il suo azzurro e le sue variabili tinte. Ma attraversando l'atmosfera, questa luce viene assorbita in pace dagli strati d'aria per cui passa, ed è questo assorbimento che ci dà il nostro cielo atmosferico.

Col mezzo di indagini molto curiose si è potuto valutare tale assorbimento. Per dare un'idea del metodo adoperato, ricorderò innanzi tutto a' miei lettori che la luce, per quanto sembri graziosa, nè si possa afferrare, tuttavia è dotata di un potere meccanico reale al par di quello del calorico; fra cento esempî citerò quello dell'esplosione d'un miscuglio di cloro e d'idrogeno in un'ampolla. Quest'esplosione è prodotta dalla sola azione della luce, attesochè, tenendo l'ampolla al bujo, i due gas stanno insieme senza combinarsi. Ora, in varie ricerche speciali su tal proposito, i signori Bunsen e Roscoe hanno voluto apprezzare, in proporzione dell'*acido cloridrico prodotto*, la quantità di azione chimica esercitata dalla luce.

Perciò hanno fatto agire un fascio di raggi introdotti in una camera oscura sul miscuglio gasoso di cloro e d'idrogeno: operando a differenti altezze di sole, hanno valutata l'influenza assorbente dell'atmosfera sui raggi, che avevano così attraversato strati d'aria di vario spessore. Essi hanno dunque potuto dedurre la quantità di azione chimica che verrebbe esercitata dal sole al confine della nostra atmosfera sopra un miscuglio di cloro e d'idrogeno.

Il calcolo applicato alle loro osservazioni ha mostrato che se i raggi solari non subissero alcun assorbimento atmosferico cadendo verticalmente sulla terra in un'atmosfera indefinita di cloro ed idrogeno, provocherebbero ad ogni minuto la formazione d'uno strato di acido cloridrico avente lo spessore di 35 metri circa. Questi raggi, dopo avere

attraversata l'atmosfera, non hanno più che una forza rappresentata da 14 metri e mezzo, vale a dire hanno perduto più di tre terzi della loro intensisà primitiva. Le ricerche sull'irradiazione solare hanno dimostrato che, nelle medesime condizioni, l'azione calorifera è diminuita tutt'al più di un terzo del suo valore. Così i raggi rifrangibili della luce vengono assorbiti in maggior proporzione dall'atmosfera, che non i raggi meno rifrangibili. L'aria custodisce, impiega, riflette, fa giocare e lavorare due terzi della forza luminosa che il sole ci manda, e al contrario assorbe soltanto un terzo del calore che riceviamo dal medesimo astro. Pare dunque che la luce abbia una funzione più importante del calore nell'atmosfera. Del resto vedremo all'ultimo capitolo di questo libro quanta importanza abbia la luce nella vita terrestre, vegetale ed animale.

Gli stessi fisici più sopra citati hanno studiate le intensità totali del sole e dell'atmosfera in un certo numero di località, variando di latitudine da 15 gradi polari (isola Melville) fino a 30 gradi dall'equatore (il Cairo), valutate in ispessore d'acido cloridrico formato come se i raggi penetrassero in un'atmosfera indefinita di cloro e d'idrogeno. I seguenti risultati esprimono l'azione durante l'intervallo di tempo che passa tra il nascere del sole ed il suo tramonto, il giorno dell'equinozio.

Le differenze tra gli effetti che sarebbero prodotti in questi diversi paesi sono meno considerevoli di quello che sarebbesi potuto pensare, e ne è causa la potente disseminazione luminosa prodotta dall'atmosfera; infatti, l'azione fotochimica diretta dal sole varia come 1 : 15 : 30 tra l'isola Melville, Heidelberg ed il Cairo, mentre l'effetto della diffusione atmosferica varia soltanto come 9 : 16 : 18.

L'assorbimento dei raggi attivi molto rifrangibili aumenta molto rapidamente collo spessore dell'atmosfera; così quando il sole ha un'altezza media di 25 gradi sull'orizzonte, essendo 0,20 il rapporto delle intensità chimiche della luce diffusa sopra una carta sensibile preparata con un sale d'argento, quello delle intensità luminosa è 4, vale a dire che l'azione dell'atmosfera è 17 volte più grande sui raggi i quali impressionano chimicamente i composti d'argento che sui raggi i quali agiscono sulla retina. Allorquando quest'altezza del sole sull'orizzonte non è più che di metà, 12 gradi circa, il rapporto medio delle intensità chimiche della luce diretta e della luce diffusa non è più che 0,053 e quello delle intensità dei raggi luminosi 1, 4, cioè l'azione dell'atmosfera è 26 volte più grande sui raggi chimici del sole che sui raggi luminosi. Ad elevazioni minime l'azione chimica diretta del sole non si può calcolare, laddove invece l'intensità dei raggi visibili è ancora abbastanza grande; i raggi più rifrangibili mancano, il che è indicato dal color rosso del disco solare presso l'orizzonte.

Venne applicato alla determinazione dell'intensità chimica delle diverse parti del sole il metodo sopra descritto, relativo all'uso del miscuglio di cloro e di idrogeno, e fu osservato che il centro del disco solare esercita un'azione chimica più intensa che non le sue parti. Siffatta esperienza conferma le osservazioni astronomiche secondo le quali l'irradiazione calorifera del centro del disco solare è più intensa di quella delle parti.

Bunsen e Roscoe hanno paragonato l'azione che il sole esercita sul miscuglio di cloro e di idrogeno con quella d'una sorgente luminosa terrestre, d'una massa di magnesio in combustione, nell'aria, vista sotto una grandezza apparente uguale a quella sotto la quale vediamo il sole; un disco di magnesio in combustione, avente 1 metro di diametro e posto a 107 metri, produrrebbe sul miscuglio di cloro e d'idrogeno la medesima azione esercitata dal sole all'altezza di 10 gradi.

La luce solare diretta, paragonata all'arco voltaico, ha dato il rapporto di 1000 a 240, vale a dire: il sole ha prodotto sulle piastre daguerriane un'azione chimica quattro volte più energica della luce della pila.

Analizzeremo in appresso le irradiazioni luminose, calorifiche e chimiche di cui il sole inonda costantemente i pianeti posti intorno a lui. Qui ci basti sentire l'importanza della parte esercitata dalla luce nella natura. L'astro gigantesco del sole, 1 280 000 volte più grande della terra, è un globo incandescente liquido o gasoso, la cui temperatura può essere valutata parecchi milioni di gradi. I fiotti considerevoli di luce ch'esso versa incessantemente sulla terra danno al nostro pianeta il giorno, il movimento e la vita, e noi sappiamo che producono effetti analoghi sugli altri mondi. Tra breve apprezzeremo direttamente tutta la grandezza della irradiazione solare. Poichè abbiamo ammirato testè lo spuntar del sole, ed abbiamo incominciato a farci un'idea dell'azione meccanica della luce, penetriamo ora interamente nelle opere del giorno, studiamo le diverse manifestazioni di questa luce, e proseguiamo il nostro panorama della natura collo studio dei fenomeni ottici che questo mirabile agente crea senza posa nella nostra atmosfera.

CAPITOLO V.

L'arcobaleno.

L'azione generale della luce nella natura si presenta agli occhî nostri mercè il corso regolare, permanente de' suoi effetti. I suoi giuochi nell'atmosfera sono svariati, e producono mille fenomeni ottici sempre curiosi, talvolta bizzarri, che oggi si spiegano colle leggi della fisica. Consacreremo i capitoli seguenti all'esame di tali fenomeni, i quali debbonsi esclusivamente alla luce, a questa virtù sì potente e delicata, sì dolce e sì forte ad un tempo.

Il più frequente di siffatti fenomeni è quello la cui semplice spiegazione ci ajuterà a comprendere gli altri, è la formazione dell'*arcobaleno*.

Fig. 65. — Riflessione semplice dei raggi in una goccia di pioggia.

Fra i nostri lettori, ben pochi senza dubbio saranno quelli che non abbiano notato, nella pioggia di un getto d'acqua o d'una cascata, il prodursi d'un piccolo arcobaleno in miniatura, simile al grandioso arco che projettasi nello spazio aereo dopo un'ora di temporale. Ogni qualvolta ci si presentano tali piccoli archi, noi possiamo osservare tre circostanze: 1.° delle goccie di pioggia; 2.° la presenza del sole; 3.° la situazione precisa dell'osservatore tra le goccie d'acqua ed il sole.

Queste tre condizioni del prodursi dell'arcobaleno ci spiegheranno da sè stesse tale grazioso fenomeno, nel quale la religione giudaica salutò la protezione di Jehovah, e la greca mitologia l'aggradevole influenza della dea Iride. Per vedere un arcobaleno, sia in una pioggia artificiale, sia nell'atmosfera, bisogna sempre volgere le spalle al sole. In questa situazione, i raggi solari che rischiarano le goccie d'acqua sono riflessi e rifratte dalle medesime. Ecco in qual modo.

Supponiamo che AII' (fig. 65) sia una goccia d'acqua nell'atmosfera. Un raggio solare arriva nella goccia in I, penetra nel suo interno sviando dalla linea retta, poichè ogni raggio luminoso subisce questa deviazione, passando in una sostanza trasparente più densa dell'aria. Arrivato al punto A della piccola sfera liquida che costituisce la goccia, vien riflesso dal fondo e ritorna verso il sole con una deviazione $I'M$, che lo avvicina alla terra.

Il raggio così decomposto (fig. 66) offre in iscala i colori graduati sopra inclinazioni diverse, essendo un colore diversamente rifrangibile dall'altro. L'inclinazione va crescendo dal rosso al violetto, dimodochè

Fig. 66. — Formazione dell'arcobaleno.

se il raggio rosso colpisce l'occhio, gli altri raggi provenienti dalla medesima goccia non lo possono colpire, mentre però una goccia meno elevata potrà mandargli un raggio violetto. L'osservatore vede dunque nella direzione di tali goccie il rosso in alto e il violetto abbasso. Le goccie intermedie mandano similmente all'occhio i raggi compresi tra il rosso ed il violetto. In questo modo si ha uno spettro solare, i cui colori sono, partendo dal punto più basso, *violetto*, *indaco*, *turchino*, *verde*, *giallo*, *arancio* e *rosso*.

Imaginiamo ora una superficie conica, la quale abbia per asse la retta che va dall'occhio dell'osservatore al sole, e passi dalla goccia. Ognuna delle stille d'acqua che sono su questa superficie produce il medesimo effetto, poichè forma lo stesso angolo col sole e l'osservatore;

si ha dunque un insieme di spettri simile ad una fascia *circolare* iridata, nella quale i colori semplici si succedono seguendo l'ordine indicato, cioè col violetto *a* (fig. 68) in dentro e col rosso *b* in fuori.

Il fenomeno riproducesi finchè le goccie d'acqua si succedono nella medesima regione dello spazio; l'apparenza luminosa si rinnova nello stesso tempo in cui rinnovasi il passaggio delle goccie, e si vede l'arco persistere. Dimostrasi per mezzo di calcoli che l'angolo del cono dei raggi rossi è di 42 gradi (42° 20′) e quello dei coni dei raggi violetti di 30 gradi (30° 30′): tale è la distanza dall'arco al centro, punto in cui projetterebbesi l'ombra della testa dello spettatore *P* (fig. 68). Il diametro H H′ (stessa figura) dell'arco è di 2 gradi, cioè quattro volte a un dipresso il diametro apparente del sole.

L'arcobaleno constata dunque l'esistenza di piccole sfere d'acqua liquida, le quali cadono in pioggia nel seno dell'atmosfera. L'arco è tanto più brillante, quanto maggiore è la loro grossezza. Bisogna che esse siano molto più grosse di quelle che formano le nubi, perchè l'occhio possa distinguere i colori. Ecco perchè le nebbie e le nubi non producono verun arcobaleno.

Fig. 67. — Doppia riflessione dei raggi in una goccia di pioggia.

Ora che sappiamo essere prodotto l'arcobaleno dai raggi di sole rifratti sulle goccie di pioggia che cadono, possiamo dedurne non solamente la grandezza di quest'arco, ma altresì le condizioni senza le quali esso non potrebbe aver luogo. Se il sole fosse all'orizzonte vi cadrebbe pure l'ombra della testa dello spettatore; e, siccome l'asse del cono sarebbe orizzontale, ne consegue che noi nedremmo una semicirconferenza completa d'un mezzo diametro apparente di 41 gradi. Non appena il sole s'inalza, l'asse del cono si abbassa e l'arco s'impiccolisce; finalmente, se il sole raggiunge l'altezza di 31 gradi, l'asse del cono forma lo stesso angolo col piano dell'orizzonte, e l'arco divien tangente a tal piano. È per tal motivo che non si potrebbe vedere l'arcobaleno a mezzogiorno in estate. Se il sole fosse ancora più in alto, l'arco si projetterebbe sulla terra. Vedesi di rado il fenomeno quando si presenta così. Il secondo arco, del quale stiamo per discorrere, scompare quando il sole raggiunge 52 gradi. L'osservatore posto sulla terra non può dunque mai vedere più di mezza circonferenza (il sole all'orizzonte) e d'ordinario è un arco di 100 a 150 gradi appena. Quando la terra non si oppone alla produzione della parte inferiore, puossi vedere più d'una semicirconferenza e perfino una circonferenza completa. Ciò è quanto mi accadde una volta in pallone, e,

per una curiosa circostanza, trovandosi nascosta la parte superiore, io vedevo un *arcobaleno al rovescio,* nel quale il violetto era interno.

Notasi spesso, al disopra dell'arcobaleno, un secondo arco in cui i colori sono disposti con ordine inverso del precedente. Questo secondo arco si spiega col mezzo di una doppia riflessione *S I A B I' M* (fig. 67) e *S' a' O, S' b' O* (fig. 68). In tal caso le deviazioni subite dai raggi dopo la loro emergenza dalla sfera liquida sono di 51° pei raggi rossi e di 54° pei violetti. Quest'arco secondario è sempre più pallido del primo.

La zona compresa fra l'arco principale e l'arco secondario, di solito

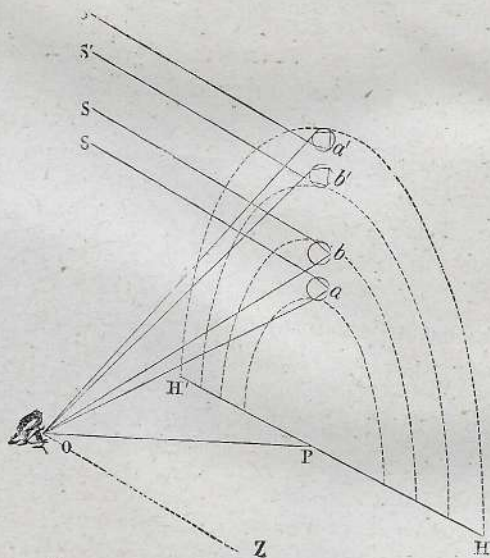



Fig. 68. — Teoria dei due archi dell'arcobaleno.

è più colorita del resto del cielo, e, dietro un buon numero d'osservazioni, mi sembra una regione d'assorbimento pei raggi luminosi.

Il calcolo stabilisce che può prodursi un numero maggiore di riflessioni, e che possono esistere altri archi, sempre più pallidi di mano in mano. Ma la luce diffusa vieta di vederli. Tuttavia si è notato alle volte il terzo, a 40 gradi dal sole. Fatti cadere in una camera oscura i raggi solari sopra un getto d'acqua, si sono contati perfino diciassette archi!

Può accadere che il sole venga riflesso verso una nube dalla superficie di un'acqua tranquilla, e che tale riflessione generi anche l'arcobaleno. Il calcolo mostra che allora quest'arco deve tagliare quello formatosi direttamente ad un'altezza dipendente da quella dell'astro. Se i due fenomeni producono l'arco secondario, le quattro curve insieme intrecciate presentano un bellissimo spettacolo. Un caso in cui esse

trovaronsi complete e perfettamente distinte è citato da Monge. Halley ha osservato tre archi, uno dei quali costituito di raggi riflessi sopra una riviera. Quest' arco tagliava dapprima l' arco esterno in modo da dividerlo in tre parti uguali. Quando il sole si abbassò verso l'orizzonte, i punti d'incontro si avvicinarono. Bentosto non ve ne fu più che un solo, e siccome i colori erano in ordine inverso, formossi il bianco perfetto per la sovrapposizione delle due serie. Del resto il sole può produrre, dopo essersi riflesso su una superficie d'acqua, un cerchio

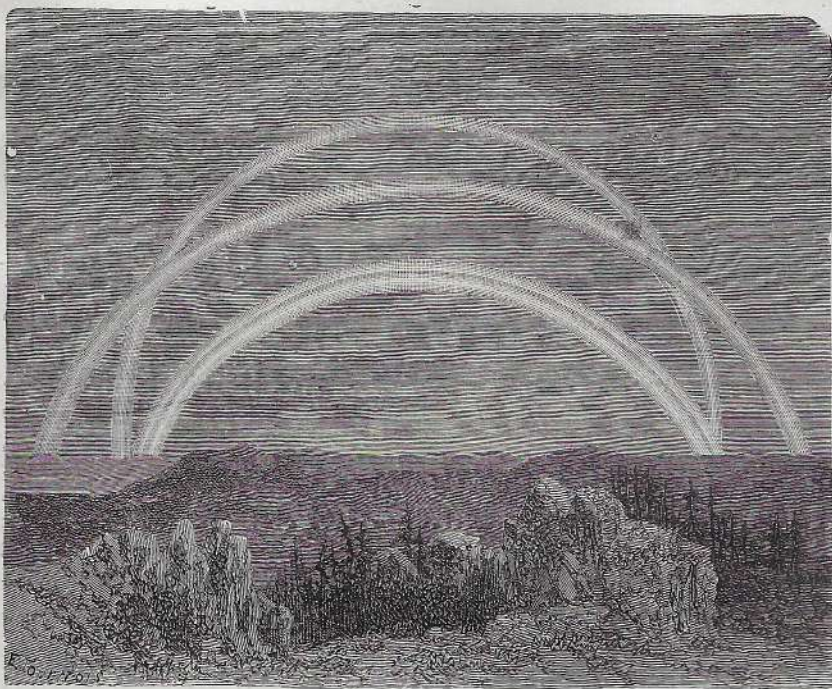



Fig. 69. — Arcobaleno triplo.

completo. Talvolta la parte superiore manca, e rimane lo strano fenomeno dell'arcobaleno rovesciato.

Gli accademici mandati al circolo polare per la misura del meridiano, osservarono, il 17 luglio 1836, sulla montagna di Ketima, un *arcobaleno triplo*, simile a quello di cui parla Halley. In quello inferiore il violetto era sotto e il rosso in fuori come sempre: questo è l'arco principale. Il secondo, che gli è parallelo, è l'arco secondario, e in esso il rosso è al basso ed il violetto in alto. Il terzo arco, il quale partiva dai piedi del primo, attraversava il secondo, ed aveva, come il principale, il violetto in dentro ed il rosso in fuori. È questa l'osservazione che riproduciamo nella figura 69.

Poichè l'arcobaleno è dovuto alla rifrazione ed alla riflessione dei

raggi solari su gocciolette d'acqua cadenti nell'aria, si concepisce come la luce della luna possa dare origine ad un'apparizione analoga, sebbene meno intensa. E questo mi fu dato constatare una sera di primavera a Compiègne. Era il 9 maggio 1865, alle 10 ore e 30 minuti di sera. Il direttore del collegio ebbe la gentilezza di venir ad avvertirmi dell'apparizione da lui allor allora notata, e noi potemmo studiarla a nostro bell'agio. Era la vigilia del plenilunio. L'astro era elevato di 60 gradi al di sopra dell'orizzonte orientale. L'*arcobaleno lunare* si piegava all'ovest con grande nettezza di tinte. Distinguevansi i sette colori prismatici nel loro ordine normale. Al disopra dell'arco principale vedevasi l'arco secondario, più debole, ma più nettamente disegnato. Questo fenomeno meteorologico, che non lasciava nulla a desiderare, è altrettanto più raro in quanto che associa varie condizioni che difficilmente riscontransi riunite (1). Nella giornata eravi stato temporale, ed una pioggerella aveva appena inaffiato il parco, il che aveva inalzato nell'atmosfera i profumi dei lillà e dei garofani, e dava un incanto particolare a quella sera di maggio.

Brandos, Dyonis Duséjour Sennert, de Tessan, Rozier, Bravais hanno osservato e descritto l'arcobaleno notturno. Io lessi pure in Americo Vespucci (1501) aver egli osservato parecchie volte « l'iride durante la notte » e rare meteore nell'antico continente. Egli crede venga il rosso dal fuoco, il verde dalla terra, il bianco dall'aria ed il turchino dall'acqua, ed aggiunge: tal segno cesserà di apparire quando gli elementi saranno consunti « quarant'anni prima della fine del mondo ».

Vedo in un antico trattato di meteorologia, quello del P. Cotte, che oltre l'arcobaleno comune, l'arco secondario, gli archi riflessi e l'arcobaleno lunare, si è menzionata un' altra sorta di effetto ottico detto « arcobaleno marino », formato sulla superficie del mare e composto di numerose zone, il quale appare talvolta anche sulle praterie umide poste a tramontana. Questo quinto aspetto è una specie di antelio, che descriverò in appresso, alla fine del capitolo seguente.

Si è dato pure il nome di arcobaleno « bianco » al cerchio antelico di cui parlerò nello stesso.

Finalmente notansi talvolta fascie colorate al di sotto del violetto dell'arcobaleno comune: sembra appartengano queste ad un arco sovrapposto al primo. Tale arco piglia allora il nome di arco *soprannumerario;* esso è dovuto ad effetti assai complessi d'interferenza. — A tutti codesti fatti aggiungerò la seguente osservazione.

---

(1) L'abile meteorista Renou mi scrive che nella sua vita d'osservatore egli ha veduto tre volte l'arcobaleno lunare perfettamente formato. L'ultima volta fu il 1.° ottobre 1871 a ore 7,45 di sera, nei vaghi terreni del Lussemburgo. Ciò che vi è di notevole, si è che quella sera medesima fu osservato egualmente l'arcobaleno lunare in Inghilterra, nel contado di Sommerset.

Il 30 dicembre 1868, fra le 2.45 e le 3 ore, io vidi tra Rouilly-Saint-Loup e Troyes un magnifico arcobaleno mobile, il quale aveva il piè destro nell'est ed il piede sinistro nel nord-ovest. Il treno camminava dapprima dall'est all'ovest e girò tosto intieramente dal sud al nord. Nella prima posizione, il piè destro dell'arco vedevasi nella parte posteriore del treno. Avanzandosi a poco a poco, finì col mostrarsi totalmente in faccia al mio scompartimento.

Nello stesso tempo, in 5 minuti, l'arco *si alzò* nel cielo, sulle diverse nubi, e talvolta anche disegnandosi in verde violaceo sull'azzurro. Quando ebbe raggiunto la parte superiore del cielo in cui non erano più nubi, disparve in alto, e non rimasero più visibili che i piedi sulle grigie nubi inferiori. Non vedevasi punto su quali goccie di pioggia l'arco si disegnasse. Arrivato a Troyes osservai che doveva esservi caduta un po' d'acqua, mentre il tempo era restato bellissimo sulla linea dopo Chaumont.

Fu la sola volta ch'io abbia veduto camminare un arcobaleno.

Un'altra osservazione interessante fatta da me, il 4 giugno 1871, è quella di un arcobalano interamente visibile sul cielo *rimasto azzurro*. I colori sono ancor più leggieri e più aerei che nei casi comuni. Io ero allora fra Dieppe e Rouen, al di sopra della verdeggiante vallata di Monville. Il fatto si spiega notando come la pioggia che cadeva davanti agli spettatori non fosse abbastanza fitta da modificare l'azzurro del cielo posto dietro di essa, e come le nubi passeggiere da cui cadevano quelle gocciolette non si estendessero fino alla regione sulla quale projettavasi l'arco (1).

---

(1) Prima che la scienza avesse data la spiegazione di questo semplice fenomeno ottico, lo si interpretava come un segno celeste, e non è senza interesse il sapere quanto allora se ne pensava.

L'arcobaleno era, agli occhi degli ebrei, il pegno dell'alleanza contratta da Jehovah cogli uomini, giusta la sua promessa a Noe dopo il diluvio.

Siccome questo segno era apparso come pegno d'alleanza tra Dio e gli uomini, sembrava conseguente cosa l'ammettere che tal fenomeno non potesse essere anteriore al diluvio. I teologhi hanno seriamente discusso questo punto di dogma. Lutero non esita a dichiarare che l'arcobaleno apparve miracolosamente dopo il diluvio. Fromond invece ammette che l'arcobaleno dovette esistere dal giorno in cui Dio ebbe creato il sole e l'acqua; ma che soltanto dopo il diluvio divenne segno del patto concluso fra Dio e gli uomini.

Presso i Greci, Iride (*ir* arco), era figlia di *Thaumas* (meraviglia) e di *Elettra* (splendor del sole) e sorella delle *Arpie* e di *Aello* (tempesta). Questo simbolo ricordava che per nascere l'arcobaleno bisogna che il sole splenda e il tempo sia piovoso. — La mitologia greca ci offre eziandio alcuni particolari storici assai curiosi.

Benchè Iride fosse messaggiera di Giunone, si vede nell'*Iliade* che anche il capo degli dei aveva talvolta ad essa ricorso. Le divinità non potevano infatti avere più grazioso ambasciatore. Ella serviva anche di cintura agli dèi; i poeti la rappresentavano adorna dei più bei colori. Finalmente le si attribuiva la formazione delle nubi piovose.

Iride purificò Giunone che ritornava dall'inferno. Pare da questo che gli antichi attribuissero virtù di salubrità all'apparizione dell'arcobaleno nell'atmosfera. Però, talvolta, ne facevano anche la messaggiera della Discordia.

Urano fu vinto da Krono col mezzo di una immensa falce celeste, la quale altro non era che l'arcobaleno.

Presso gli Scandinavi, l'arcobaleno è un ponte di tre colori e di grande solidità, gettato fra cielo e terra e col quale i giganti tentarono di rinvenire la dimora degli dèi; ma il solco di fuoco tracciato nel mezzo è un ostacolo al passaggio dei giganti. Heimdall, nato da sette donne, è alla custodia di questo ponte celeste.

Il primo che abbia tentato di spiegare il fenomeno dell' arcobaleno come riflessione della luce nell'interno delle goccie di pioggia, è un monaco tedesco chiamato Teodorico; il secondo un arcivescovo, A. de Dominis (1611). Ma la vera teoria ne è stata data la prima volta da Cartesio, eccetto la separazione dei colori, la quale non fu determinata se non col mezzo della scoperta di Newton sull'ineguale rifrangibilità dei raggi dello spettro solare.

I teologi, e fra gli altri san Basilio, vedevano nei tre colori dell'iride un simbolo della Trinità. Vari padri tuttavia non vi riconoscevano che due colori, il turchino ed il rosso, i quali erano pur essi emblemi delle due nature di Cristo, ecc. Si comprende di leggieri che tutte codeste fantasticherie non erano fatte per apportare la teoria scientifica.

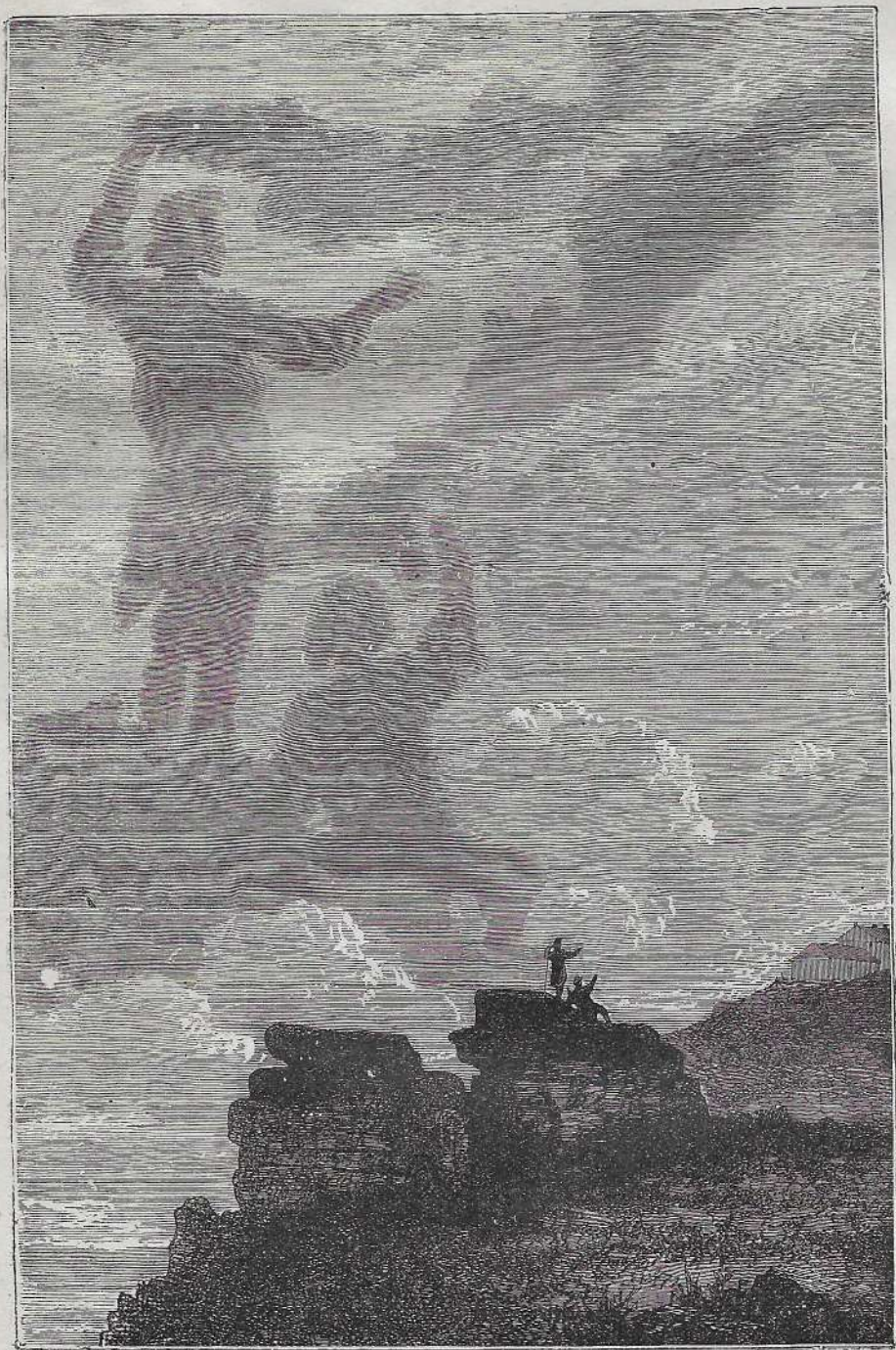



Fig. 70. — Lo spettro del Brocken.

CAPITOLO VI.

Antelî.

SPETTRI. — OMBRE SULLE MONTAGNE. — CERCHIO D'ULLOA.
CERCHIO STUDIATO IN PALLONE.

I trattati di meteorologia non hanno finora messo l'ordine necessario nella classificazione dei diversi fenomeni ottici dell'aria. Alcuni di tali fenomeni, d'altronde, non sono stati veduti che di rado, e lo studio di essi era stato insufficiente per tale classificazione. Tuttavia il metodo di descrizione scientifica è di bastevole importanza perchè noi ci soffermiamo un istante a parlarne, essendo esso la condizione medesima di ogni chiarezza in un argomento tanto complesso.

Noi abbiamo ora esaminato il frequentissimo fenomeno della produzione dell'arcobaleno, e abbiamo veduto che lo si deve alla rifrazione ed alla riflessione della luce nelle goccie d'acqua e che si produce all'*opposto* del sole o dell' astro illuminante. Ora ci accosteremo ad un ordine di fenomeni più rari, ma che offrono coll'arcobaleno il comune legame di prodursi ugualmente all'opposto del sole. Riunirò qui i diversi effetti ottici sotto il nome di *antelî* (da *anti*, all'opposto, e *elios*, sole).

I fenomeni ottici che si vedono dalla parte del sole o intorno ad esso, quali sarebbero gli aloni, i parelî, ecc., formeranno il tema del capitolo seguente.

Innanzi di arrivare agli antelî propriamente detti, ossia ai cerchî colorati che appariscono intorno ad un'ombra, torna utile parlare degli effetti prodotti all'opposto del sole sulle nubi o sui vapori allo spuntare o al tramontare dell'astro che illumina il giorno.

Sulle alte vette vedesi abbastanza sovente l' ombra della montagna disegnarsi sia sul lenzuolo delle nebbie inferiori, sia sui monti vicini, projettata all'opposto del sole quasi orizzontale. Ho veduto, per esempio, l'*ombra del Righi* disegnarsi con nettezza sul monte Pilato, posto a ponente del Righi, dall'altra parte del lago di Lucerna. Questo fenomeno avviene alcuni minuti dopo il levar del sole, e la forma triangolare del Righi è disegnata in un abbozzo facilissimo a riconoscersi.

L'*ombra del monte Bianco* vedesi più facilmente al tramonto. Bravais e Martins, in una loro scientifica ascensione, l'osservarono per di più in situazione assai favorevole; essa diseguavasi sulle montagne co-

perte di neve, e s'inalzò gradatamente nell'atmosfera finchè raggiunse l'altezza di un grado, restando perfettamente visibile; l'aria, al di sopra del cono d'ombra, era tinta di quel rosa purpureo che si vede colorire le più alte vette nei bei tramonti. « Si imaginino, dice Bravais, le altre montagne, le quali projettino, in quello stesso momento la loro ombra nell'atmosfera, avente la parte inferiore oscura con un po' di verdastro, e sopra ognuna di tali ombre il lenzuolo purpureo colla cintura rosa carico che le separava da esso; aggiungasi a ciò la nettezza del contorno dei coni d' ombra, principalmente della loro cima, e finalmente le leggi della prospettiva, le quali fanno convergere tutte codeste linee l'una sull'altra, verso la sommità stessa dell'ombra del monte Bianco, cioè dal punto di cielo dove le ombre dei nostri corpi dovrebbero esser poste, ed ancora non si avrà che un'idea incompleta della ricchezza del fenomeno meteorologico che spiegossi ai nostri occhî durante alcuni momenti. Sembrava che un essere invisibile fosse posto su un trono cinto di fuoco, e che alcuni angeli dalle ali splendenti l'adorassero ginocchioni, tutti inclinati verso di lui. Alla vista di tanta magnificenza, le nostre braccia e quelle delle nostre guide rimasero inoperose, e grida entusiastiche sfuggirono da tutti i petti. »

Tra i fenomeni naturali che ci si offrono agli sguardi senza eccitare la nostra sorpresa o attirare la nostra attenzione, havvene talvolta di quelli che possiedono i caratteri d'un intervento soprannaturale. I nomi che hanno ricevuto fanno tuttora testimonianza del terrore da essi inspirato; ed anche oggidì che la scienza li ha spogliati della loro origine meravigliosa, spiegando le cause della loro produzione, questi fenomeni hanno conservato parte della primitiva importanza, e vengono accolti dal dotto con interesse pari a quello che destavano quando venivano considerati come effetti immediati della divina onnipotenza.

Nella loro moltitudine abbastanza svariata, noi dobbiamo qui notare dapprima lo *spettro del Brocken*.

Brocken è il nome della più elevata montagna della catena pittoresca dell' Hartz, nel regno di Annover. Esso è alto circa 3300 piedi sopra il livello del mare e dalla sua vetta scopresi una pianura di 70 leghe di estensione, la quale occupa quasi la ventesima parte dell'Europa, e la cui popolazione è di 5 milioni d'abitanti (1).

---

(1) Fin dalle più remote epoche storiche il Brocken fu il teatro del meraviglioso. Vedonsi ancora sulla sua vetta massi di granito designati sotto i nomi di *sedile* o di *altare della strega;* una sorgente d'acqua limpida chiamasi la *fontana magica,* e l'anemone del Brocken è per il popolo il *fiore della strega.* Puossi presumere che tali denominazioni ripetano la loro origine dai riti del grande idolo che i Sassoni adoravano clandestinamente sulla cima del Brocken, quando il cristianesimo già dominava la pianura. Siccome il luogo in cui celebravasi questo culto deve essere stato frequentato assai, così non v'ha dubbio che lo spettro, il quale oggidì vi si mostra spesso allo spuntar del sole, non siasi mostrato ugualmente a que' tempi remoti. Epperò la tradizione dice che quello spettro aveva la sua parte dei tributi d'una idolatra superstizione.

Una tra le migliori descrizioni di tale fenomeno è quella datane dal viaggiatore Hane, il quale ne fu testimonio il 23 maggio 1797. Dopo esser salito più di trenta volte sulla cima della montagna, ebbe la fortuna di contemplare l'oggetto della sua curiosità. Il sole si alzava a un dipresso alle quattro del mattino, e il tempo era sereno; il vento cacciava dinanzi a sè, all'ovest, de' vapori trasparenti che non avevano peranco avuto il tempo di condensarsi in nubi. Verso le quattro e un quarto, il viaggiatore scorse in quella direzione una figura umana di mostruose dimensioni. Siccome poco mancò che un colpo di vento gli facesse volar via il cappello, egli vi portò la mano e la figura gigan-

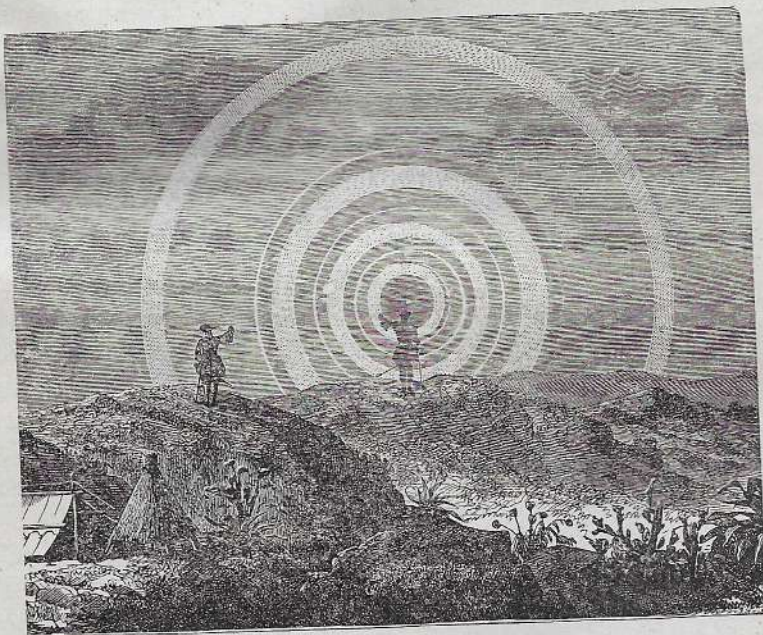



Fig. 71. — Cerchio d'Ulloa.

tesca ripetè il medesimo gesto. Hane fece immediatamente un altro movimento abbassandosi, e quell' atto fu riprodotto dallo spettro. Il viaggiatore chiamò un'altra persona. Questa venne a raggiungerlo, ed essendosi posti entrambi sullo stesso luogo dove l'apparizione era stata veduta dapprima, diressero i loro sguardi verso l'Achtermannshohe, ma non videro più nulla. Poco dopo due ombre colossali apparvero nella medesima direzione, riprodussero i gesti dei due spettatori, indi scomparvero.

Alcuni anni or sono (nell'estate del 1862), un artista francese, il signor Stroobant, ha potuto osservare e disegnare accuratamente questo fenomeno. È il disegno che qui vedesi a pagina 169. L'osservatore era andato ad alloggiare all'osteria del Brocken, e fattosi svegliare verso

le due del mattino, percorse lo spianato della vetta insieme ad una guida. Essi arrivarono all'orlo di un punto culminante nel momento in cui i primi albori permettevano di distinguere con chiarezza gli oggetti situati a gran distanza. « La mia guida, dice Stroobant, che da qualche tempo camminava guardando attentamente ora a destra ora a sinistra, mi trascinò all'improvviso sopra un'eminenza da cui ebbi la rara fortuna di contemplare per alcuni istanti il magnifico miraggio denominato lo spettro del Brocken. L'effetto è sorprendente assai ; una densa nebbia, che pareva uscisse dalle nubi come immenso lenzuolo, si alzò ad un tratto a ponente della montagna; formossi un arcobaleno, poi disegnaronsi varie forme indecise. Prima fu la gran torre della locanda riprodotta in proporzioni gigantesche, poi le nostre due ombre, più vaghe e meno corrette, e tutte queste ombre erano circondate dai colori dell'arcobaleno, che serviva di cornice a sì fantastica veduta. Alcuni viaggiatori, dalle finestre dell' osteria, avevano veduto apparir l' astro all' orizzonte, ma nessuno aveva scorta la gran scena che avveniva dall'altra parte della montagna. »

Talvolta questi spettri sono circondati da archi colorati concentrici. Dal principio del secolo attuale, i trattati di meteorologia designano sotto il nome di *cerchio d'Ulloa* (fig. 71) l'arco esteriore pallido che circonda il fenomeno, e talvolta fu dato a questo stesso cerchio il nome di « arcobaleno bianco ». Ma esso non è formato alla stessa distanza angolare dell'arcobaleno; non è sempre unico, e, quantunque pallido, avvolge spesso una serie d'archi colorati interni.

Ulloa passeggiava allo spuntar del giorno sul Pambamarca, con sei compagni di viaggio ; la cima della montagna era interamente coperta di dense nubi; il sole, alzandosi, le dissipò, ed al loro posto solo rimasero leggieri vapori ch'era quasi impossibile il distinguere. D'improvviso, dalla parte opposta a quella ove alzavasi il sole, « ciascun viaggiatore scorse, ad una dozzina di tese dal luogo che occupava, l'imagine propria riflessa nell'aria come in uno specchio; l' imagine stava nel centro dei tre arcobaleni a gradazioni di varî colori, e circondati a certa lontananza da un quarto arco di un colore unico. Il colore più intenso di ogni arco era incarnatino o rosso ; la gradazione vicina era arancio, la terza gialla, la quarta paglierina, l'ultima verde. Tutti questi archi erano perpendicolari all' orizzonte ; essi movevansi e seguivano in tutte le direzioni la persona di cui circondavano l'imagine a mo' di una gloria ». Il fatto più notevole è che, sebbene i sette viaggiatori fossero riuniti in un sol gruppo, ciascun d'essi non vedeva il fenomeno che relativamente a sè stesso, disposto inoltre a negare si fosse ripetuto per gli altri. L'estensione degli archi aumentò progressivamente in proporzione coll'altezza del sole ; nello stesso tempo i loro colori svanirono, gli spettri si fecero sempre più pallidi e vaghi, e infine il

fenomeno scomparve interamente. Nel principio dell'apparizione la figura degli archi era ovale; verso la fine mostravasi perfettamente circolare.

La stessa apparizione è stata osservata nelle regioni polari da Scoresby e da lui descritta. Secondo le sue osservazioni, il fenomeno ripetesi ogni volta che v' ha simultaneamente nebbia e sole. Nei mari polari, quando uno strato di nebbia poco denso alzasi sul mare, un osservatore situato sull'albero di mezzana scorge uno o più cerchî concentrici, aventi il centro comune sopra una linea che va dall'occhio dell'osservatore alla nebbia, dal lato opposto al sole. Il numero dei cerchî varia da uno a cinque; sono in ispecial modo numerosi e ben colorati quando il sole è brillantissimo e la nebbia folta e bassa. Il 23 luglio 1821, Scoresby vide quattro cerchî concentrici intorno al suo capo. I colori del primo e del secondo erano molto vivi, quelli del terzo visibili soltanto ad intervalli, ed il quarto non presentava che una leggiera tinta verde.

Il meteorista Kaemtz ha sovente osservato lo stesso fatto nelle Alpi. Non appena la sua ombra era projettata sopra una nube, la testa mostravasi circondata da un' aureola luminosa.

Il fenomeno mostrasi quando v'è ad un tempo nebbia e sole. Tal fatto verificasi facilmente sulle montagne. Subito che l'ombra nostra è portata sulla nebbia, vi si disegna il capo circondato da un' aureola luminosa.

A qual giuoco di luce è dovuto questo fenomeno? — Bourguer ritiene debba ascriversi al passaggio della luce attraverso le particelle ghiacciate. In tale credenza convengono Saussure, Scoresby ed altri meteoristi.

Sulle montagne, per l'impossibilità d'accertarsi direttamente del fatto col volare nelle nubi, siamo ridotti alle congetture. Bisognerebbe trovar modo di trasportarsi in pallone fra le nuvole. Siccome l'aerostato attraversa fuor fuori queste ultime, vi sta in mezzo e passa sui punti medesimi ove mostrasi l'apparizione, l'osservatore può facilmente spiegare lo stato delle nubi. È appunto quanto ho potuto veder io e mi ha concesso d'avere la spiegazione del fenomeno.

Nel mentre il pallone viaggia trasportato dalla corrente, viaggia pure l'ombra sua, sia sulle campagne, sia sulle nubi. Quest'ombra è nera al solito come qualunque ombra. Ma sovente accade ch' essa spicca in chiaro sul fondo della campagna e pare così luminosa.

Esaminata l'ombra coll'ajuto d'un cannocchiale, ho notato che spessissimo componesi di un fondo centrale oscuro e d'una penombra in forma d'aureola. Quest' aureola, sovente larghissima relativamente al diametro del disco centrale, lo eclissa alla vista semplice, di modo che l'ombra intera pare una nebulosa circolare che si projetti in giallo sul

fondo verde dei boschi e dei prati. Ho osservato che di solito questa ombra luminosa è tanto più sentita quanto è maggiore l'umidità alla superficie del suolo.

Sulle nubi, l'ombra offre talvolta un aspetto bizzarro. Mi è accaduto più volte, uscendo dal seno delle nubi e arrivando nel cielo puro, di vedere ad un tratto, a 20 o 30 metri da me, un secondo aerostato disegnato perfettamente, e la cui tinta grigia risalta sul fondo bianco delle nubi. Tale fenomeno manifestasi nel momento in cui si rivede il sole. Distinguonsi le menome parti dell'armatura della navicella, e l'ombra riproduce stranamente perfino i nostri gesti.

Il 15 aprile 1868, verso le tre e mezza pomeridiane, uscivamo da uno

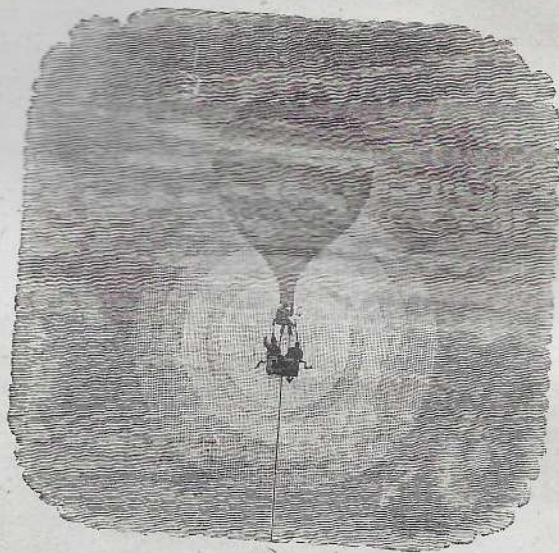



Fig. 72. — Ombra del pallone ed antelio.

strato di nubi, allorchè l'ombra del pallone ci apparve ravvolta da cerchî concentrici colorati, de' quali la navicella formava il centro. Spiccava essa in modo ammirabile sopra un fondo giallo-bianco. Un primo cerchio turchino pallido cingeva tal fondo ed il canestro a guisa di anello. Intorno a quest'ultimo disegnavasene un secondo giallognolo; poi una zona rosso-grigia, e infine, come circonferenza esterna, un quarto cerchio violetto che gradatamente confondevasi colla tinta grigia delle nubi. Vedevansi la rete, le corde della navicella, gl'istrumenti. Ciascuno de' nostri gesti era istantaneamente riprodotto da' sosî dello spettro aereo. Per la sorpresa, inalzo il braccio; uno degli aerei spettatori alza il proprio. Il mio aeronauta agita la bandiera francese; il pilota dell'aerostato ci presenta lo stesso stendardo... L'antelio si fermò sulle nubi abbastanza a lungo e con linee spiccate, tanto che io ho potuto

Fig. 73. — Croci aeree osservate nelle Alpi.

farne uno schizzo sul mio giornale di bordo e studiare lo stato fisico delle nubi su cui si produce. La figura 72 rappresenta l'ombra e i cerchi quali si sono offerti ai nostri sguardi. Supponesi che il lettore sia nella navicella e veda l'antelio come lo abbiamo veduto noi (1).

Questo fenomeno non differisce essenzialmente da quello designato sotto il nome di *Cerchio d'Ulloa*, di cui abbiamo parlato or ora, e l'analogia è anzi tanto grande che in un recente trattato di fisica lo vedo citato sotto la denominazione, troppo lusinghiera per me, di *Cerchio Flammarion*. Io ho potuto determinare direttamente le circostanze della sua produzione. Infatti, siccome questo brillante fenomeno ottico producevasi sulle stesse nubi tra le quali navigavo, mi è stato facile di constatare ch'esse non erano formate di particelle ghiacciate; il termometro segnava 2 gradi sopra zero. L'igrometro segnava un massimo di umidità (77) a 115 metri, e l'aerostato dominava allora a 1400, dove l'umidità non era più di 73. È dunque certo essere questo un fenomeno di diffrazione della luce, prodotto semplicemente dalle *vescichette della nebbia*.

Si dà il nome di diffrazione al complesso della modificazione cui vanno soggetti i raggi luminosi quando cadono sulla superficie dei corpi. In tali circostanze la luce subisce una specie di deviazione, nello stesso tempo che è decomposta, d'onde risultano nell'ombra dei corpi aspetti bizzarri assai, osservati per la prima volta da Grimaldi e Newton.

I fenomeni della diffrazione più meritevoli di esame sono quelli presentati dalle *reticelle;* così chiamasi un sistema d'aperture lineari strettissime praticate le une vicine alle altre a brevissima distanza. Ci possiamo rappresentare un sistema di tal genere tracciando col diamante delle linee equidistanti sopra una lastra di vetro. Siccome la luce passa negl'intervalli de' trattini, mentre essa è intercettata dalle linee dove il vetro non è più liscio, si ha in realtà come un sistema di aperture vicinissime; onde si possono facilmente tracciare cento lineette nella lunghezza di un millimetro. La luce è allora decomposta in ispettri che si accavallano gli uni sugli altri. Osservasi un fenomeno simile quando si guarda un lume stringendo gli occhi; le ciglia, in tal caso, servono di reticella.

Le reticelle possono prodursi anche per riflessione, e a tale circostanza voglionsi ascrivere i brillanti colori che si osservano, facendo riflettere un fascio luminoso sopra una superficie metallica regolarmente striata.

Le magnifiche gradazioni della madreperla sono dovute al fenomeno delle reticelle. Questa sostanza è a struttura lamellare, e quando la si

---

(1) Una cromolitografia di questi curiosi fenomeni è stata data nei *Viaggi aerei* già da me pubblicati co signori Glaisher, Fonvielle e Tissandier nel 1870.

fende, separansi i diversi fogliuzzi in modo che il loro taglio viene a formare alla superficie una vera reticella. Ad un fenomeno della stessa specie è dovuta altresì l'iridazione che presentano le penne di certi uccelli e talvolta anche i ragnateli. I fili di questi ultimi, sebbene finissimi non sono semplici; sono formati da un gran numero di altri fili riuniti da una sostanza vischiosa e costituiscono così una specie di rete.

Se il sole è vicino all'orizzonte e l'ombra dell'osservatore cade sull'erba, su un campo di cereali od un'altra superficie coperta di rugiada, allora si osserva un'aureola di luce vivissima intorno alla testa, ma che gradatamente scema d'intensità allontanandosi da questo centro. Tale bagliore dipende dalla riflessione della luce cagionata dalla stoppia bagnata e dalle stille di rugiada; è più vivo intorno alla testa, perchè le stoppie situate vicino all'ombra della testa mostrano tutta la loro porzione illuminata, mentre quelle che sono più lontane mostrano alcune parti illuminate, ed altre che non lo sono, il che diminuisce quel loro chiarore più sono lontane dal capo.

Il mio dotto collega della Società delle scienze naturali di Strasburgo, il signor Gay (Bollettino di quest'Accademia, novembre 1868) ha osservato alla Gran Certosa un fenomeno analogo al precedente. Era il 3 settembre 1868. Il narratore trovavasi, verso le 5 pomeridiane, con diverse persone, sulla stretta piattaforma che termina il Grand-Som (3033 metri d'altezza), le cui pareti ergonsi a picco sulla Gran Certosa. « Alcune nubi, che ad ogni istante ci avviluppavano, egli dice, non lasciavano scorgere che ad intervalli il magnifico panorama che ammirasi quando il cielo è sereno. Il sole stava per tramontare dietro le montagne che chiudono il deserto, quando, volgendoci dalla parte della Savoja, fummo testimonî di un bellissimo spettacolo; la nostra ombra e quella della croce piantata sulla vetta projettavansi un po' ingrandite sulla nube, racchiuse da un cerchio iridato. Noi potevamo vedere distintamente i movimenti nostri riprodotti dall'ombra: pareva fosse discosta cento passi e un po' sotto di noi; spiccava sopra un fondo assai illuminato, ad eccezione del cono formato dall'ombra della montagna; avvolgevala completamente un cerchio che presentava tutti i colori dello spettro, il violetto nell'interno e al di fuori il rosso e vedevasi pur benissimo attraverso il cono oscuro formato dall'ombra del Grand-Som. Disgraziatamente le nubi cangiavano sempre di posto, onde il fenomeno in breve scomparve, per ricomparire vivissimo, ma troppo fuggevole, alcuni momenti dopo.

Un fenomeno analogo è stato osservato sul Matterhorn da E. Whymper, e per una bizzarra combinazione, appunto dopo la catastrofe del 14 luglio 1865; due immense *croci aeree* projettavansi dentro l'arco esteriore unico e bianco. Senza dubbio le due croci erano formate dall'intersezione di cerchî, il resto dei quali era invisibile. L'apparizione

aveva un carattere grandioso e solenne, vieppiù accresciuto dal silenzio degli abissi imperscrutabili, in fondo ai quali erano dianzi precipitati quattro infelici viaggiatori.

In diverse condizioni sonosi fatte osservazioni indicatrici e approssimative di questo stesso effetto d'ottica più o meno completo. E però, consultando su questi punti i resoconti dell'Accademia, noto l'osservazione fatta il 23 ottobre 1866, alle 7 ore e 30 minuti ant. dal signor Moulin, ufficiale del genio, che andava cavalcando verso il poligono di Versailles. Il fosso che costeggia la strada era coperto da densa nebbia. All'opposto del sole l'osservatore vide un disco brillante, orlato di listerelle iridate, che disegnavasi spiccato alla distanza apparente di 30 metri dal basso all'alto, ed in mezzo ad esso osservò l'ombra propria colla testa situata appunto nel centro di questa corona antisolare. L'autore attribuisce a tale fenomeno la stessa origine dell'arcobaleno; ma senza verun dubbio era un antelio del genere di quello da me descritto e spiegato.

Varie apparenze ottiche analoghe si manifestano in altre condizioni. Così, a mo' d'esempio, se volgendo le spalle al sole guardasi nell'acqua, vedesi benissimo l'ombra della propria testa, sebbene sformata; ma al tempo stesso vedonsi partire da quest'ombra come de' fascî luminosi piuttosto intensi, che dardeggiano, irradiandosi in tutti i sensi, con grandissima rapidità e fino a grandi distanze. Questi fascî luminosi, questi raggi aureolari hanno, oltre il movimento della freccia, un rapido moto di rotazione intorno all'ombra della testa, ed il senso di rotazione è inverso dei due lembi dell'ombra.

Ora stiamo per avventurarci nello studio d'un ordine di fenomeni ottici ancora più curiosi, e sopratutto più complicati dei precedenti.

CAPITOLO VII.

Gli aloni.

PARELII, PARASELENI, CERCHI CHE CIRCONDANO E ATTRAVERSANO IL SOLE. CORONE; COLONNE; FENOMENI DIVERSI.

Il panorama de' fenomeni ottici dell'aria ci porta ora a considerare un altro degli effetti più bizzarri e più complicati della rifrazione della luce nel mondo atmosferico.

Designasi sotto il nome di *alone* (aloos *area*) un cerchio brillante che, in certe condizioni atmosferiche, circonda il sole da ogni parte alla distanza di 22 gradi; e si chiamano *parelî* o *falsi soli* (*pàra,* presso, *hèlios*, sole) delle macchie luminose di solito colorate in rosso, giallo e verdognolo che si mostrano alla sua destra ed alla sua sinistra, alla stessa distanza di 22 gradi circa, simulando una somiglianza, per altro assai grossolana, coll'astro stesso. Tali apparizioni possono prodursi intorno alla luna; è anzi più facile l'esaminarvele, perchè la temperata dolcezza della luce lunare permette di osservare senza alcuno sforzo le zone che la circondano: queste macchie luminose pigliano allora il nome di *paraseleni* (*pàra,* presso, *selene* luna) *false lune.* Questi due casi non differiscono fra loro che per l'intensità dell'astro che dà loro nascimento; è una differenza simile a quella che si può osservare fra gli arcobaleni comuni e quelli prodotti dalla luce lunare.

Oltre l'alone e i due parelî, possono altresì formarsi nel cielo gran quantità d'altri cerchî, archi, fascie o macchie luminose più o meno splendenti, e che allora accompagnano l'alone.

A tutti è noto che allorquando presentasi un prisma triangolare di vetro all'azione dei raggi del sole, parte della luce incidente si riflette sulle faccie del prisma come sopra uno specchio, e un'altra parte penetra nel suo interno e n'esce seguendo una direzione diversa della primitiva e producendo un'imagine colorata.

Su questo fatto, Mariotte, di cui abbiamo già parlato, ha basato la spiegazione del fenomeno di cui stiamo occupandoci.

La causa degli aloni, secondo lui, risiede in filamenti di neve a forma

di prismi triangolari equilateri. Questi prismi possono essere disposti in qualsiasi modo nell'atmosfera; tra essi se ne trovano un certo numero situati, così da produrre il minimo assoluto di deviazione sui raggi che, penetrando da una delle tre faccie laterali de' prismi, escono attraversando una delle altre due. Mariotte ha dimostrato che ad una distanza angolare del sole uguale a questa deviazione minima, che è di 22 gradi, deve formarsi un cerchio brillante: è l'alone comune. Se in seguito ad una causa qualsiasi tutti i prismi diventano verticali, l'alone non ha più luogo, ed è surrogato da due parelî.

Gli archi tangenti che si veggono vicino all'alone comune, l'alone di 46 gradi di raggio, e il cerchio parelico, sono stati spiegati da Joung, nell'ipotesi che, in certi casi, i prismi possono disporsi in modo che i loro assi siano orizzontali.

Vent'anni sono il laborioso Bravais ha consacrato all'analisi di questi fenomeni un lavoro sintetico che ci servirà di guida. La teoria di siffatti fenomeni è piuttosto complessa, e richiede certa attenzione per essere ben intesa. Voltaire confessava che gli bisognava leggere due volte le stesse cose per ben comprenderle; qui è forse il caso d'imitarlo, per coloro tra noi che non si ritengono superiori in perspicacia al maligno filosofo di Ferney.

Quando nel cielo disegnasi un alone, vedonsi di solito leggiere nubi, chiamate cirri (colle quali faremo conoscenza tra breve), e la meteora pare appunto si dipinga su di esse. Talvolta poi questi cirri sono talmente fusi in una sola massa, che l'occhio non può distinguerne i contorni; un vapore bianchiccio occupa il cielo, principalmente nella parte che avvicina l'astro del giorno; la tinta azzurra dell'atmosfera è scomparsa, ed è sostituita da una specie di leggiera nebbia, la cui bianchezza è spesso intollerabile all'occhio. Ma queste nubi filamentose di neve disseminate nelle alte regioni dell'aria sono molto lontane da noi, in guisa che era piuttosto difficile il pronunciarsi sulla loro vera natura: da ciò comprendesi che si è potuto ignorare per molto tempo quale origine avesse la meteora, altra al certo delle cause per le quali gli aloni ed i parelî sono stati reputati un giorno fenomeni meravigliosi, segni della collera celeste, presagi della morte dei principi, ecc.

Non basta che le nubi degli alti strati atmosferici siano formate da particelle nevose, perchè si offra il fenomeno dell'alone, occorrono inoltre le due seguenti condizioni. La nube deve avere un conveniente volume; se fosse troppo piccola, l'alone non si verificherebbe; se fosse troppo grande, la luce sarebbe intercettata. Inoltre bisogna che la cristallizzazione dell'acqua siasi operata con lentezza e che il vento non l'abbia disturbata: con una cristallizzazione rapida, e per conseguenza confusa, gli aghi perdono la loro trasparenza, gli spigoli delle faccie la costanza dei loro valori, le superficie d'entrata o di uscita la loro lu-

centezza. D'altra parte quest'apparizione è meno rara che non sembri. Si può ritenere che, ne' nostri climi, il numero dei giorni che presentano il fenomeno, almeno allo stato rudimentale, sia di 50 all'anno, e nel settentrione d'Europa tal numero è ancora più considerevole.

La forma più semplice dei cristalli di ghiaccio, di neve o di brina che si mostra nel principio della cristallizzazione è quella d'un prisma retto, avente per sezione un esagono regolare e terminato da due basi perpendicolari alle faccie laterali, le quali sono rettangoli.

Però le forme semplici presentansi di rado nelle cadute di neve; e questo dipende da ciò che, prima di toccare il suolo, alla particella primitiva aggiungonsi dai lati altre cristallizzazioni prodotte dal condensamento del vapore negli strati inferiori.

Il prisma retto esagonale basta per tutte le macchie o curve, l'apparizione delle quali è stata messa fuor di dubbio dall'esame scientifico.

L'alone, in tutti i suoi aspetti, spiegasi ammettendo che cristalli di neve o di ghiaccio cadano lentamente in un'atmosfera tranquilla.

Esso dunque è dovuto alla rifrazione dei raggi solari su cristallizzazioni di ghiaccio. La disposizione dei prismi di ghiaccio è la causa della diversità delle apparenze. Si può dividere in tre casi la situazione di questi aghi ghiacciati nell'atmosfera: 1.° prismi ad orientazione diversa; 2.° prismi ad assi verticali; 3.° prismi disposti orizzontalmente.

Per ispiegarci la produzione dei fenomeni come abbiamo fatto per l'arcobaleno, cominciamo dal primo caso e vediamone gli effetti.

Se si fa girare un prisma su sè stesso, vedesi il raggio che esce dal prisma formare un angolo variabile con quello che vi entra. Ma v'ha una certa posizione nella quale il raggio che entra ed il raggio che esce formano tra essi il più piccolo angolo possibile; è il minimo di deviazione. Ora in tale posizione si può continuare a girar il prisma un po' più od un po' meno, senza che la direzione del raggio rifratto cambii sensibilmente.

Se un prisma di questo genere gira su sè stesso nell'atmosfera, ne escono di continuo de' raggi che pervengono all'occhio nostro per scomparire subito dopo; ma in relazione alle osservazioni da noi fatte dianzi, è evidente che il raggio colpirà l'occhio pel tempo più lungo possibile, quando la deviazione raggiungerà il suo *minimum*. Se il numero di questi prismi è grandissimo, noi riceveremo nello stesso tempo i raggi rifratti da un prisma nel momento in cui quelli dell'altro scompajono, di maniera che l'impressione sull'occhio nostro sarà persistente, quantunque i raggi non siano mandati dagli stessi cristalli.

Un raggio solare penetra in un prisma triangolare dalla faccia *A* (fig. 74) e subisce una deviazione. La sua parte violetta esce dalla faccia *B* e va a colpire l'occhio dell'osservatore situato in *O*. Un altro

prisma *C* posto più vicino alla direzione *OS* del sole, manderà i raggi rossi che sono i meno deviati, di modo che il cono che passa da *A* sarà violetto, il cono che passa da *C* rosso, e la zona intermedia sarà colorata da diversi raggi decomposti.

La rifrazione dei raggi solari produrrà dunque intorno all'astro, ed alla stessa distanza, una serie di impressioni luminose. La deviazione è di 22 gradi circa, e ne è la stessa per tutti i colori; il calcolo, d'accordo coll'osservazione, dà 21° 37′ pel rosso, il colore meno rifrangibile, 21° 48′ pel giallo, 21° 57′ pel verde, 22° 10′ pel turchino e 22° 40′ pel violetto.

Questo cerchio di 22° di raggio che formasi così intorno al sole ed

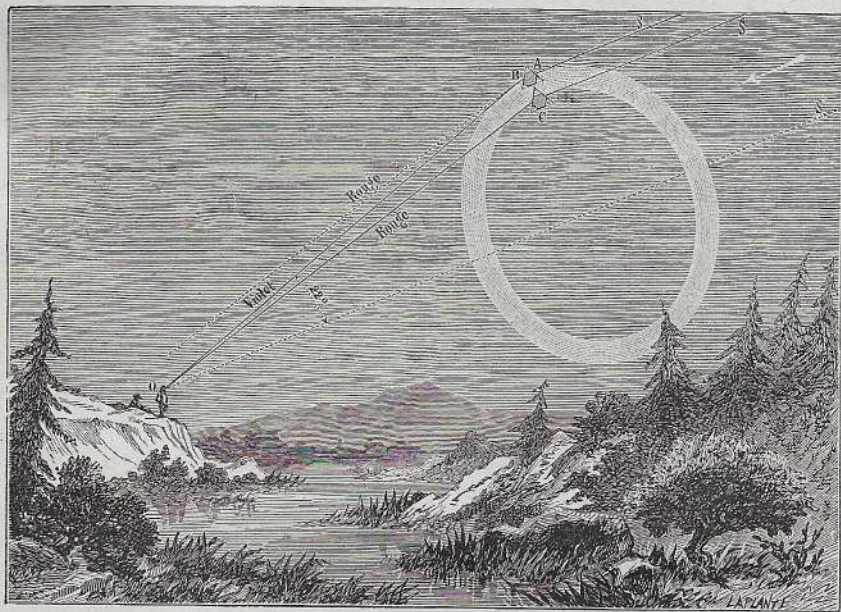



Fig. 74. — Teoria dell'alone.

alla luna, è l'*alone comune,* il quale presentasi con maggior frequenza. Il rosso è al di dentro; notansi l'aranciato, il giallo, il verde; ma queste gradazioni vanno indebolendosi, perchè vengono dilavate dall'influenza dei prismi che non sono nella posizione di deviazione massima, e quella che rimane più apparente è il cerchio interno rosso.

Siccome il sole non è un semplice punto luminoso, ma ciascuna parte del suo disco concorre alla produzione del fenomeno, questa circostanza contribuisce a confonder ancor meglio tra di essi i diversi colori; e però non sono mai bene spiccati, e per lo più l'alone presentasi sotto forma di un anello brillante, largo 2 o 3 gradi, il quale offre una tinta rossa internamente, e circonda da ogni parte un'area circolare oscura, il cui centro è occupato dal sole.

Per un effetto d'ottica assai noto, uno spettatore non prima avvertito inclinerà ad attribuire all'alone la forma ellittica, d'ovale allungato e ad asse verticale; ma siffatta illusione, che l'arcobaleno fa nascere del pari quando lo si vede completo, scompare dinanzi alle misure angolari. È in seguito a cagione simile che l'alone sembra restringersi man mano che l'astro si inalza, nella stessa guisa che la luna perde a certa altezza le proporzioni gigantesche dal suo disco offerte al momento della levata.

Oltre l'alone di 22 gradi di raggio, se ne osserva un secondo, il cui diametro pare all'occhio uguagli due volte quello del precedente.

Quest'ultimo è prodotto dalla rifrazione della luce attraverso gli angoli diedri di 90 gradi che le faccie naturali de' prismi fanno colle basi, così come gli angoli di 60 gradi producono l'alone comune. Al pari di quest'ultimo, esso componesi d'anelli successivi, il primo de' quali è rosso. Ma in seguito ad una sovrapposizione di colori, simile a quella che producesi nell'alone di 22 gradi, vedesi appena un anello rossiccio sul suo lato interno e gialliccio in mezzo, mentre la parte esterna pare bianchiccia, e va fondendosi gradatamente coll' illuminazione generale dell'atmosfera. La grandezza totale di quest'alone è abbastanza considerevole; essa abbraccia circa 3 gradi fra 45 a 40 gradi di distanza dal sole, comprendendovi la luce bianca esterna che lo contorna.

Questi due cerchî sono dunque formati dalla riflessione della luce sui prismi di ghiaccio orientati in tutti i sensi. Vediamo ora ciò che possono produrre i prismi disposti verticalmente.

Quando la riflessione della luce si opera negli angoli diedri di 60 gradi, che formano tra essi le sei faccie de' prismi di ghiaccio cadenti verticalmente, v'è produzione di due *parelî*, l'uno a destra, l'altro a sinistra del sole, e situati alla stessa altezza. Possiamo spiegare questo fatto, osservando essere l'illuminazione prodotta da un gruppo di prismi ad assi verticali, ma rivolti in tutti i sensi, in quanto all'orientamento delle loro faccie laterali, simile a quella che darebbe un prisma unico, girante con rapidità sul proprio asse. Vedesi infatti che in tal movimento il prisma passa successivamente per tutte le posizioni compatibili colla verticalità dell'asse.

Quando il sole è all'orizzonte, la distanza a cui formansi tali imagini è precisamente l'angolo di deviazione minimo; in altri termini, il raggio dell'alone. Se questo ed i parelî mostransi al tempo istesso, gli ultimi sembrano situati precïsamente sulla circonferenza dell'alone, e vi occupano un'estensione, in altezza, uguale al diametro del sole. Le diverse tinte sono ivi più pure che nell'alone: il giallo è ben distinto, ed anche il verde: quanto al turchino è molto pallido ed appena percettibile; il violetto, ricoperto dai colori precedenti, è troppo pallido per esser veduto; il tutto termina con una coda di luce bianca, tal-

volta poco apparente, ma che può giungere alla lunghezza da 10 a 20 gradi, e diretta all'opposto del sole, parallelamente all'orizzonte: questa ultima luce è dovuta ai prismi la cui posizione si scosta di molto da quella che corrisponde alla deviazione minima.

Quando il sole si alza sopra l'orizzonte, i raggi luminosi attraversano i prismi, movendosi secondo piani obliqui, e la più piccola delle deviazioni che produconsi durante la rotazione è superiore al minimo assoluto corrispondente al caso del sole orizzontale: vedesi da ciò che i parelî debbono svolgersi lentamente dalla circonferenza dell'alone col crescere dell' altezza; ma da un altro canto, siccome l' alone ha una larghezza piuttosto considerevole e di quasi 2 gradi (essendovi compresa la luce bianca che lo circonda all'esterno), i parelî non ne sono completamente separati, se non allorquando il sole ha raggiunto l'elevazione di 25 o 30 gradi.

Coi calcoli dimostrasi che la formazione de' parelî è impossibile non appena l'altezza del sole tocca i 60 gradi.

I parelî sono talvolta brillantissimi, ed in tal caso il loro splendore, fino a un certo punto, può essere paragonato a quello del sole; comprendesi allora come ogni parelio possa divenire a sua volta l'origine di due altri, che saranno parelî di parelî, o *parelî secondarî*.

L'effetto prodotto dalla rifrazione della luce negli angoli di 90 gradi, che dànno il grande alone, è ancora più notevole. I raggi solari, cadendo obliquamente sulla base superiore del prisma, penetrano nel suo interno ed escono da altre delle faccie verticali. Se imaginasi che il prisma giri rapidamente sul proprio asse, il calcolo dimostra che la luce emergente si svilupperà seguendo porzione del cono diritto ad asse verticale; ond'è ovvio il conchiudere che il fenomeno ottico corrispondente sulla sfera celeste sarà un arco luminoso parallelo all'orizzonte, e situato a grande elevazione al di sopra del sole.

L'arco prodottosi così, e che si può chiamare *arco tangente superiore dell'alone di 46 gradi*, o più brevemente, *arco circumzenitale*, merita particolare menzione; chè, senza dubbio, è la più notevole di tutte le apparizioni che possono accompagnare l'alone; la vivacità delle tinte, la separazione dei colori, la nettezza colla quale i margini così come le estremità spiccano nel cielo, ne fanno un vero arcobaleno.

Tra gli altri anelli successivi che lo compongono, il rosso è il più vicino al sole; il violetto è sulla parte concava dell'arco e dal lato opposto; la larghezza dei diversi anelli è press'a poco la stessa di quelli dell'arcobaleno, e un po' minore per effetto di una illusione dipendente dalla prossimità dello zenit.

Quando l'alone di 46 gradi disegnasi sul cielo, l'arco circumzenitale pare lo tocchi, di solito, al suo punto più elevato, e cioè il rosso dell'arco è in contatto col rosso dell'alone, l'aranciato coll'aranciato, e via

di seguito per gli altri colori; ma spessissimo l'arco circumzenitale mostrasi senza l'alone di 46 gradi, così come i parelî possono apparire senza l'alone di 27 gradi, quantunque dia loro origine la stessa specie di angoli diedri.

Risulta dal complesso delle osservazioni fatte su quest'arco che esso non si mostra mai quando l'altezza del sole è inferiore a 12 gradi o superiore a 31 gradi.

Calcolasi inoltre che i prismi, cadendo e girando nella verticale, possono riflettere il sole disegnando sulla sfera celeste una fascia luminosa orizzontale, la quale compie il giro dell'orizzonte e passa dal centro stesso del sole. Siccome la riflessione speculare non separa i colori componenti la luce bianca, questo cerchio dovrà sembrare completamente bianco, e la sua larghezza apparente sarà uguale al diametro del sole.

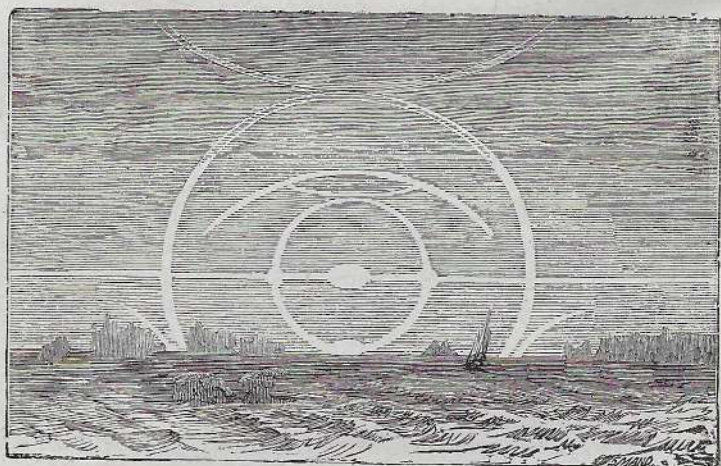



Fig. 75. — Alone osservato in Norvegia.

Tale è l'origine del cerchio bianchiccio, designato col nome di *cerchio parelico*. I parelî ordinarî, del pari che i secondarî, situati a circa 45 gradi dal sole, mostransi sempre sulla sua circonferenza; donde la sua denominazione.

Qualche volta i raggi solari subiscono due riflessioni successive sulle faccie verticali di uno de' nostri prismi. Vedesi allora a 120 gradi dal sole un'imagine bianca più o meno diffusa che ha ricevuto il nome di *parantelio*.

Infine, aggiungiamo che i prismi di ghiaccio disposti *orizzontalmente* nell'atmosfera dànno origine, per effetto di riflessioni e rifrazioni analoghe alle precedenti, agli archi tangenti che spesso mostransi da ogni lato dell'alone (1).

---

(1) Per le diverse posizioni ed apparenze dell'*alone*, vedasi la nota V dell'Appendice.

Il grande alone caratteristico che noi rappresentiamo qui sotto è il più completo che siasi peranco osservato, ed è stato studiato da Honvitz a Pietroburgo, il 29 giugno 1790, dalle 7.30 ant. alle 12 30 merid. Come è naturale, da quel tempo ad oggi sonosi fatte molte osservazioni; ma quello che noi qui accenniamo è ancora il solo che siasi manifestato con tutti i suoi caratteri. Quello che Bravais e Martins osservarono a Piteo in Isvezia, il 4 ottobre 1839, era notevolissimo del pari, ma pure meno completo.

Meglio si analizza questo curioso fenomeno in projezione. Ci si vede dapprima (fig. 76):

1.° l'alone di 22 gradi di diametro *hhhh* intorno al sole *S*. Al posto di questo cerchio, Lowitz ne ha veduti due che s'intersecavano all'alto ed al basso; in Norvegia se ne sono veduti tre;

2.° Il cerchio di 47 gradi, *HHH*, il quale presenta colori più spiccati del primo ed è largo il doppio;

3. Il cerchio orizzontale *SPHpApHP*, che passa dal sole e fa il giro dell'orizzonte;

4.° Due parelî *P* e *P* al punto d'intersezione dell'alone di 22 gradi e del cerchio orizzontale, colla loro parte rossa rivolta al sole e presentando delle appendici a coda di cometa;

5.° Tre pseudelî *App* situati dietro l'osservatore, sul cerchio orizzontale;

6.° Accrescimento di vivezza de' colori al punto culminante *d* dell'alone di 22 gradi: l'occhio mal reggeva al loro bagliore;

7.° Al punto culminante *a* del gran cerchio verticale, l'arco *a* convesso verso il cielo colorato assai vivamente;

8.° Due cerchî *ll* tangenti al gran cerchio verticale; la larghezza e colorazione loro erano quelle dell'arcobaleno.

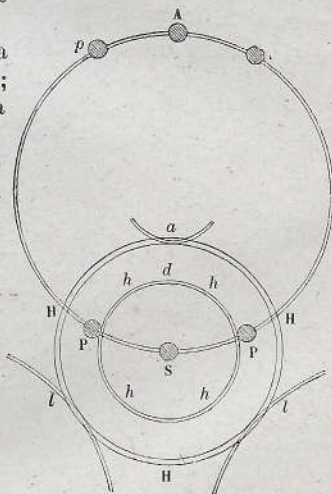



Fig. 76. — Projezione dell'alone osservato in Russia.

Questo notevole alone è, diciamo, il più completo che sia stato descritto. Ma l'alone comune non è rarissimo, neppure nei nostri climi relativamente meridionali. Ogni anno, in Francia, vedonsi una cinquantina di cerchî solari o lunari di questa specie, di solito però pallidi ed incolori. Alcune apparizioni più brillanti meritano di essere ricordate.

Dal 1833 in poi studiasi all'osservatorio di Bruxelles i diversi fenomeni ottici dell'atmosfera. Fra gli aloni osservati, il più curioso è quello che mostrossi in tutto il Belgio il 28 dicembre 1840.

Verso le 9 ant. erasi formato l'alone intorno al sole; appariva spiccato assai e ad orlo colorato. La sua parte inferiore era nascosta dalle case; all'estremità centrale del diametro orizzontale vedevasi un parelio bianco, poco intenso e schiacciato nel senso verticale. Dall'estremità superiore del diametro verticale passava un arco, la cui convessità ri-

volgevasi al sole, e tangente alla circonferenza dell'alone. Questo arco, di forma meglio parabolica che circolare, era d'una bianchezza più viva e brillante del parelio, specialmente alla sua intersezione coll'alone. Verso le dieci erasi formato un secondo parelio, più debole del primo, all'estremità opposta del diametro orizzontale. Alle 10 e 30 il parelio occidentale e la maggior parte dell'alone situato da questo lato erano scomparsi; e dal lato orientale più non rimaneva che una leggiera traccia del parelio; ma l'arco tangente all'alone e la sua parte superiore, che formavano insieme due archi uguali in contatto alle loro estremità, erano divenuti molto più intensi. In appresso, i due archi si sono cancellati insensibilmente per lasciar riapparire il parelio occidentale. A mezzogiorno non restava più traccia dell'alone; ma vedevansi ancora da ciascuna parte del sole due macchie bianchiccie al-

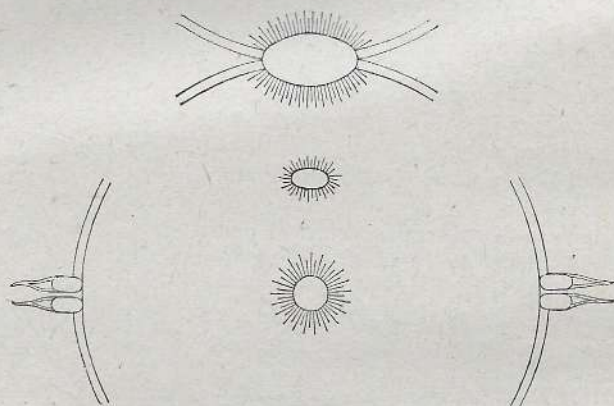



Fig. 77. — Parelî osservati in Inghilterra il 23 giugno 1870.

lungate nel senso verticale e che occupavano il posto dei parelî. Verso la una pom. il fenomeno era scomparso.

Ne' dintorni di Genova, il 15 settembre 1851, è stato osservato un magnifico parelio che riproduceva contemporaneamente quattro imagini del sole; la fotografia ha ritratto questa luminosa meteora. Gli abitanti delle campagne ne ebbero vivo spavento; pensarono che il sole si moltiplicasse per incendiare la terra.

A Parigi ho osservato un alone lunare di bello splendore il 12 maggio 1870, verso le dieci pom., mentre la luna trovavasi al meridiano. Era il gran cerchio di 46 gradi; ma non si distinguevano colori, nè v'erano paraseleni. L'apparizione durò fino alle 11 ore. Il cielo era puro, non una nube lo intorbidava, solo le stelle erano poco brillanti, e quand'anche il prodursi dell'alone non avesse dimostrato l'esistenza di uno strato di vapore steso nell' atmosfera, questo velo sarebbe stato

reso sensibile dall'opacità relativa dell'aria. L'indomani cadde a Parigi una fina pioggerella, ed il cielo restò piovoso parecchi giorni.

Parimenti, il 23 giugno 1870, si è veduto in Inghilterra un alone solare di rara forma e de' parelî meritevoli d'attenzione. Ecco il disegno stato preso a Nottingham alle 7 36 pom. Sopra il sole, alla distanza di 22°, appariva una falsa imagine ovale senza colore e poco brillante. Alla distanza di 46° ed alla stessa altezza del sole sopra l'orizzonte, vedevansi due doppî falsi soli che offrivano colori prismatici brillantissimi. Erano ovali, e da ciascuno di essi sfuggiva una specie

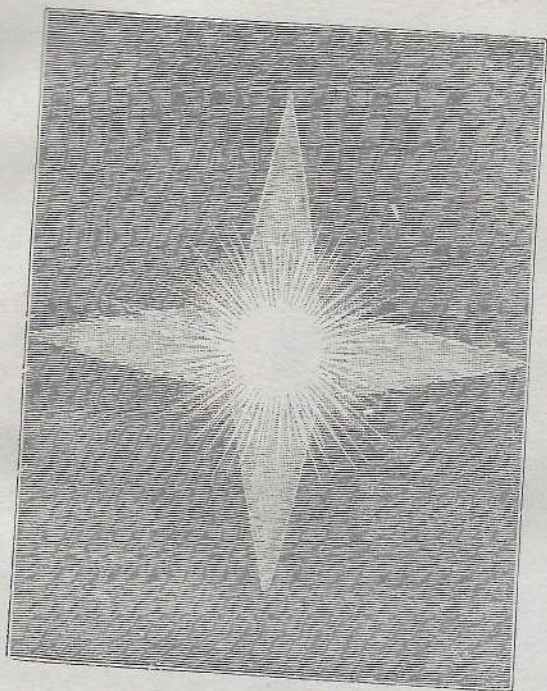



Fig. 78. — Croce ormata dalla riflessione.

di fiamma opposta alla direzione del sole; sulla sommità del massimo cerchio vedevasi inoltre un immenso parelio coloratissimo e assai abbagliante Le frazioni del cerchio mostravansi come si vede sulla figura. Il fenomeno durò 20 minuti.

Nell'appendice si troverà una scelta delle principali osservazioni fatte su questo complesso effetto d'ottica, estratto dagli annali meteorologici degli ultimi anni.

Lo studio dianzi fatto del fenomeno generale degli aloni ci conduce ora a parlare di altri effetti ottici, la cui spiegazione si avvicina più o meno alle precedenti.

Le *colonne* di luce bianca, le *croci*, i diversi aspetti luminosi che si

mostrano talvolta al levare ed al tramontar del sole, sono cagionati dalla riflessione della luce sopra uno strato di cristalli d'acqua ghiacciata situato nelle alte regioni dell'atmosfera. Tutti sanno che, quando si guarda l' imagine d' un luminare, il sole, la luna, un lampione, la quale formisi obliquamente sovra uno strato d' acqua lievemente agitata, essa stendesi molto nel senso della verticale; la mobilità dell'acqua dà origine ad una gran quantità di facciette piane, le cui normali serpeggiano continuamente intorno alla verticale in tutte le direzioni possibili. È l' esatta riproduzione di ciò che avviene nella re-

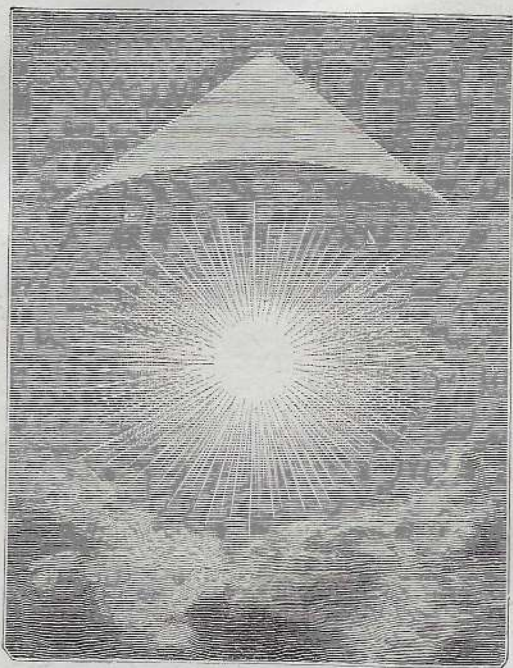



Fig. 79. – Fenomeno atmosferico dovuto alla riflessione.

gione della nube ghiacciata: le piccole basi specchieggianti de' nostri prismi, alle quali abbiamo più sopra attribuito l' imagine riflessa del sole osservata in pallone, s' inclinano di continuo in sensi diversi, onde l' imagine prodotta sarà essa pure assai allungata, e la sua parte superiore, all'alzarsi od al tramontar del sole, potrà elevarsi parecchi gradi sopra l' orizzonte.

Tale è l' origine delle colonne di luce bianca che talvolta vediamo formarsi al momento del tramonto, e ingrandire mano mano che l'astro s' abbassa. Per un di più aggiungesi che, quando il sole è sceso sotto l'orizzonte, la riflessione della sua luce operasi sulle basi inferiori dei prismi e non sulle superiori.

Il 22 aprile 1847, prima del tramonto, si sono osservate a Parigi quattro colonne luminose dell'estensione di 15 gradi ciascuna, coll'apparenza di una croce, della quale il sole occupava il centro. Dopo il tramonto, una delle quattro colonne, la superiore, ben inteso, persistette ancora qualche tempo.

La base di esse è talvolta larga tanto da dar loro forme bizzarre. Così nel settembre 1816, il mio rimpianto amico Coulvier-Gravier, nelle vicinanze di Festieux, a due leghe da Laon, udì che gli abitanti di quel paese, intenti a guardare il sorgere del sole, trovavano avesse

Fig. 80. — Corona formata intorno alla luna dalla diffrazione.

quest'ultimo la figura d'un tricorno. Anzi i buoni terrazzani aggiungevano in proposito, nella loro semplicità: « Vedete dunque che Napoleone ritornerà, poichè il sole ci fa vedere il suo cappello » (fig. 79).

Quando il sole è vicino all'orizzonte, una porzione del cerchio verticale può elevarsi al disopra dell'astro sotto la forma di colonna. L'8 giugno 1824, si videro fenomeni di questa specie in diverse parti della Germania. A Donha, vicino a Dresda, alle 8 pom., quando il sole era appena scomparso dietro le montagne Lohrmann, si vide una fascia luminosa perpendicolare all'arco crepuscolare e simile alla coda d'una cometa; questa colonna aveva trenta gradi d'altezza ed uno di larghezza. Roth aveva veduto e descritto un fenomeno ancora più com-

pleto, il 2 gennajo 1856, a Cassel. Prima che il sole si levasse, una colonna luminosa verticale, del diametro uguale a quello dell'astro, brillava nel punto ove questa doveva alzarsi, essa pareva una fulgida fiamma, il cui splendore era uniforme in tutta la lunghezza. Pochi istanti appresso videsi apparire un'imagine del sole, ma sì brillante che la si scambiò col vero; non appena questo parelio ebbe lasciato l'orizzonte, il sole alzossi immediatamente al disotto, seguito da una ripetizione della colonna superiore. Questa colonna co' suoi tre soli stette sempre verticale; i tre soli erano uguali, sebbene però il reale fosse più abbagliante. Il fenomeno durò un'ora circa.

Se il sole, invece d'essere all'orizzonte, è di pochi gradi sopra il suo piano, la colonna luminosa che alzasi dal pseudelio, allora situato sotto questo piano e per conseguenza invisibile, può raggiungere il centro dell'astro senza oltrepassarlo sensibilmente. Si ha allora l'apparenza di una colonna luminosa ascendente, che sembra reggere il disco solare. L'osservazione fatta da Parry all' isola Melville l'8 marzo 1820, l'altra fatta da Sturm il 9 dicembre 1869, ecc., ne offrono esempio.

I bagliori verticali che, passando dal centro dell' astro illuminante, si estendono simmetricamente sopra e sotto di esso, senza aver base all'orizzonte, e che accompagnano l'astro durante il suo corso apparente da oriente ad occidente, sembrano da attribuirsi alla stessa causa. È facile vedere che sono prodotti dai raggi due volte riflessi sulle basi orizzontali dei prismi verticali; più comunemente sono dovuti ad un numero pari di riflessioni successive. Essi non si mostrano mai se non per altezze inferiori a 25 gradi; e sono altresì molto più frequenti intorno alla luna che intorno al sole; differenza al certo cagionata dalla viva luce di quest' ultimo astro, la quale offusca tutte le altre che per avventura lo avvicinano. Il contrario ha luogo per le colonne che si mostrano al momento del tramonto, perchè, essendo allora il sole sotto l' orizzonte, la meteora si projetta sopra un fondo incompletamente illuminato e può apparire in tutta la sua splendidezza.

La combinazione del cerchio parelico colla stria verticale che passa dal centro dell' astro, offre il fenomeno delle croci solari e lunari, che sovente scorgonsi senza che l' alone di 22 gradi sia visibile. Però accade che i bracci delle croci siano in apparenza uguali, ma spesso anche la lunghezza degli orizzontali è più considerevole di quella degli altri due.

Le colonne verticali, le croci lunari o solari vedonsi specialmente nelle contrade boreali, durante i lunghi verni che raccolgono quelle regioni nelle nevi e nelle brine.

Le *corone*, le quali appajono intorno al sole ed alla luna (fig. 80), quando l'aria non è pura e goccioline di vapore vescicolare o nubi leggiere passano dinanzi a quegli astri, non devono l'origine loro alla ri-

frazione, bensì alla diffrazione; esse hanno il rosso al di fuori ed il violetto al di dentro, come il primo arcobaleno, e i loro colori sono inversi di quelli dei due aloni concentrici agli astri. I diametri delle corone dello stesso colore seguono le serie dei numeri 1, 2, 3, 4, ecc.; il diametro del primo anello sembra ingrandito. Questo diametro, che varia da 1 a 4 gradi, dipende da quello delle vescichette d'acqua interposte fra l'astro illuminante e l'osservatore. In generale è turchino, misto di bianco dall'astro fino a certa distanza, poi viene un cerchio rosso, e, in seguito, altri cerchî colorati, disposti come gli anelli di Newton. Perchè il fenomeno abbia luogo, è necessario che vi sia un certo numero di globuli dello stesso diametro, ed anzi un numero molto maggiore di questo diametro che non di qualunque altro. Se i diametri delle sferule delle nubi fossero tutti diversi, non si produrrebbe la corona.

Osservasi un effetto assolutamente simile quando si esamina un oggetto luminoso attraverso una lastra di vetro su cui si è sparso del licopodio, oppure, in grado meno forte, quando col fiato si è ricoperto semplicemente questa lastra di un leggiero strato di umidità (1).

---

(1) Ecco un altro fenomeno singolare osservato, dopo il tramonto, il 9 luglio 1853, dal signor Antonio d'Abbadie, a Urrugne. Dal racconto dell'osservatore tolgo i punti che ora più c' interessano.

Martedì, 9 luglio, il signor Goetse, astronomo tedesco, che abitava con me, mi fece notare il fenomeno insolito di numerosissimi punti rossi nelle nubi, poco al di sopra dell' orizzonte naturale. Noi eravamo in un gabinetto a metri 3,50 sopra il suolo, e all'altezza di 42 metri al di sopra dell'Oceano. Il cielo era interamente nascosto, ma una luce vaga rischiarava l'orizzonte. Erano allora le 8.25 del tempo medio. Notavasi in ispecial modo che que' dischi rossi offrivano l'apparenza di altrettanti soli perfettamente rotondi: erano disposti quasi parallelamente all'orizzonte dell'Oceano, e ben distribuiti sovra un' estensione consid r vole. Nel primo momento ne contai diciassette equidistanti gli uni dagli altri, e due affatto staccati nella parte del sud. Volevo fare uno schizzo del fenomeno: ma quando fui pronto a disegnare, aveva già cambiato d'aspetto. La maggior parte de' dischi rotondi apparivano irregolarmente angolari, e due di essi erano a poco a poco scomparsi. Mentre cominciavano a sformarsi, gettavano verso l'orizzonte come una cascata di fiamme simili a quelle glorie che, sfuggendo dalle nubi al tramonto del sole, spesso sono state riprodotte dai pittori.

Sebbene la meteora cambiasse ad ogni momento, importava di fare alcune osservazioni precise che potessero servir di base ad una teoria di sì raro fenomeno. Noi scendemmo nella prateria vicina, e, dopo di avervi collocata a distanza come segnale una lampada accesa, col mezzo di un sestante presi degli angoli, che furono orientati il giorno appresso con un teodolite.

I diversi dischi perdettero poi a poco a poco il loro splendore, risolvendosi più spesso in lunghe fascie luminose orizzontali. Gli ultimi bagliori si spensero alle 8.50. Alle 8.55 apparirono quattro nuovi dischi: poco dopo uno dei dischi primitivi disparve e se ne formò un altro dalla parte del sud. Il disco estremo dal lato nord allora ingrandì e s'accrebbe fino all'altezza di 55 m. quantità che dovetti valutare ad occhio, perchè l'orizzonte, fattosi allora troppo oscuro, non permetteva l'uso degli istrumenti. Alle ore 9.2 il disco estremo a sud continuava ad ingrandirsi, e l'ultimo verso il nord andava scemando ognor più di splendore; questo cessò alle 9.4. Finalmente, alle 9.18, scompariva l'ultimo bagliore rosso, mentre l'ultimo al nord non era che una listerella poco distinta, come se ne vedono spesso dopo il tramonto del sole in un orizzonte nuvoloso.

Tutti questi fenomeni verificaronsi nel periodo crepuscolare; si può spiegarli con soluzioni di continuità circolari nelle nubi, che davano così passaggio ai raggi del sole; ma ho creduto di doverli descrivere perchè effetti simili sono rari, nè mi sembra siano stati menzionati. Non ho detto nulla del grandioso aspetto offerto da una corona di perle rosse sospesa sopra una linea quasi retta in un cielo nuvoloso, sopra un orizzonte a chiari confini e relativamente bene rischiarato. Di rado assai i passeggieri, cui piace aspettar la sera sulla spiaggia dell'Oceano, hanno veduto uno spettacolo così vario e bene spiccato come quello del 9 luglio 1853.

Le basi orizzontali dei cristalli di ghiaccio riflettono anche la luce solare, ma rimandando i raggi all'insù, in una direzione che non permette all'osservatore di riceverli. Richiederebbesi a tal fine che questi fosse situato sulla vetta di scoscesa montagna, o nella navicella di un aerostato, donde dominasse la nube a particelle ghiacciate. Di leggieri si comprenderà che tali condizioni raramente si riscontreranno riunite. Esse sonosi effettuate pei signori Barral e Bixio il 27 luglio 1850. L'imagine del sole così riflessa pareva luminosa quasi quanto lo stesso astro (fig. 81). Bravais ha proposto di designare tal fenomeno, sì notevole e raro, col nome di *pseudelio*.

A questi diversi aspetti, dipendenti dalla rifrazione e dalla riflessione

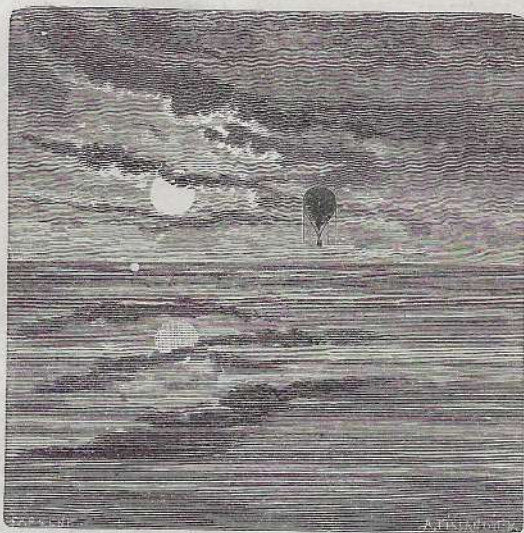



Fig. 81. — Il sole riflesso dalle nubi, o pseudelio.

della luce negli strati atmosferici, aggiungiamo infine l'alterazione di forma del sole all'orizzonte, che talvolta offre le apparenze più bizzarre, a motivo della mancanza d'omogeneità degli strati inferiori e dei singolari giuochi di rifrazione. La figura 82 riproduce una tra le osservazioni più singolari che siano mai state fatte su questo punto. Vi attesero i signori Biot e Mathieu sulla spiaggia del mare a Dunkerque.

Tutte queste brillanti meteore non erano ignote agli antichi. « Talvolta, narra Plinio, vedonsi più soli al tempo stesso, non sopra, nè sotto l'astro, ma di fianco. I nostri padri hanno avuto lo spettacolo di tre soli, sotto i consolati di Mucio e di Postumio, sotto Marzio e Parcio, sotto Antonio e Dolabella, sotto Lepido e Plano, e sotto il regno di Claudio. » (Plinio, t. II, cap. 31.) Nel dare a tali meteore il nome di

sole, non ignoravano per questo gli antichi che la somiglianza di esse coll'astro maggiore limitavasi alla forma, e che, pallide e senza forza (Seneca), esse nulla avevano della sua potenza calorifica.

Tra tutti i fenomeni ottici, gli aloni, i parelî, le croci, le corone, le apparizioni fantastiche, sono quelli che più impressionarono i popoli, e che occupano maggior posto negli annali meteorologici superstiziosi, e nella storia dei fenomeni celesti. Spaventati da questi insoliti aspetti, come da' miraggi, dalle pioggie di stelle, da' terremoti, ecc., gli uomini, la cui ignorante vanità rappresentavasi Dio sotto la forma d'un vecchio imperatore seduto sulle nubi, interpretavano questi fenomeni come altrettanti segni della divina volontà, ora pietosa, ora corrucciata Parecchî critici del secolo scorso e dell' attuale hanno negato queste apparizioni, dichiarando assolutamente menzogneri i curiosi rapporti del-

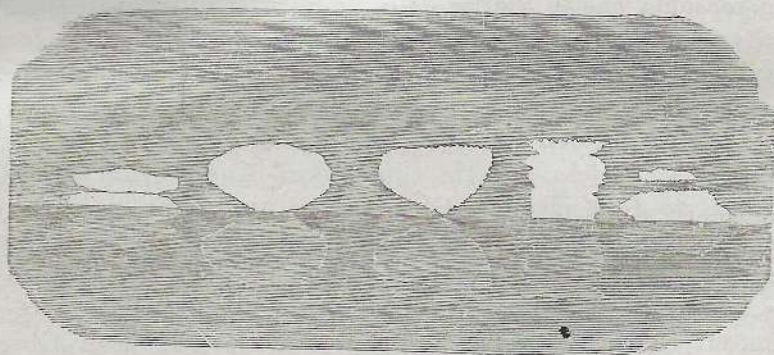



Fig. 82. — Aspetti del sole all'orizzonte, dipendenti da fenomeni ritrazione.

l'età di mezzo. Ora, dopo di avere confrontati quei rapporti, non si può condividere tale spirito di assoluto diniego; solo però questi racconti hanno ingrandito, esagerato, alterato la realtà, per effetto del terrore cagionato da sì misteriosi fenomeni. Diversi tra questi sono tuttora difficili a spiegarsi, ad onta dei progressi delle scienze; ma il maggior numero entra nelle classificazioni da noi qui adottate.

Gioverà ricordarne alcuni:

L'apparizione di questo genere che ebbe maggior eco nella storia del nostro incivilimento cristiano è certamente quella del famoso *labarum* di Costantino. Nella sua guerra contro Massimiliano Erculeo, questo imperatore ed il suo esercito furono testimonî dell'apparizione di una *croce brillante*, che attirò nel cielo gli sguardi sorpresi di più migliaja d'uomini. Gli autori si sono poco estesi sulle circostanze meteorologiche del fenomeno; pure, han notato che il cielo era coperto d'un velo grigio, e che il tempo volgeva alla pioggia. Sono queste appunto le condizioni dell'alone. Noi possiamo ammettere perfettamente

la realtà della visione, ma non del suo carattere puramente naturale. Comprendo del resto ch'essa abbia colpito il fondatore del cristianesimo politico, e sia stata riguardata siccome una manifestazione divina. La notte susseguente, Costantino vide la medesima croce in sogno, più un angelo che ingiungevagli di prendere la medesima croce per insegna militare. Questo sogno spiegasi colla stessa facilità. Rimane di non ispiegata l'iscrizione che Costantino dice aver letta su tale croce luminosa: IN HOC SIGNO VINCES, o per meglio dire: *en touto nike*, poichè era in greco. Ha forse creduto di vedere quest' iscrizione nello stesso momento? Può darsi. Il suo stato maggiore, che non sapeva affatto di greco, ed i soldati che non sapevano neppur leggere, hanno potuto, come il personaggio piumato della lanterna magica, rispondere che vedevano « qualcosa », ma che non distinguevano chiaramente. Qualche distribuzione parziale di strie nuvolose ha potuto far nascere l'illusione. Lonaro racconta che la vigilia della morte di Giuliano l'Apostata, si vide un'agglomerazione di stelle rappresentare con lettere la frase seguente: *Oggi Giuliano è ucciso dai Persi!*... Ma è più probabile che l'iscrizione di Costantino sia stata trovata un fatto compiuto.

I fenomeni ottici dell'atmosfera, quali sono gli aloni, i parelî, i paraseleni, gli arcobaleni, ecc., in ogni tempo hanno avuto gran parte nel misticismo delle meteore. Gli annalisti romani ne ricordano gran numero. Questa istoria delle apparizioni prodigiose merita, per la sua bizzarrìa, di essere qui compendiata colla scorta del recente lavoro sulla meteorologia mistica del nostro dotto confratello Grellois.

L'anno di Roma 636, verso il principio della guerra di Giugurta, poco prima dell'irruzione dei Cimbri e dei Teutoni, si videro a Roma tre soli. Nel 680, con un cielo puro e sereno, si videro nell'aria, al di s·pra del tempio di Saturno, tre soli ed un arcobaleno. Nello stesso tempo, i Greci ed i Cartaginesi si unirono a Perseo per combattere i Romani. Nel 710, mentre Stazio faceva il suo ingresso in Roma, con un cielo sereno, si vide il sole circondato da un gran cerchio simile all'arcobaleno. — È poi vero che il cielo sia stato puro in quei due esempî? È quanto sarebbe difficile a verificare.

Lo stesso anno, tre soli brillarono contemporaneamente; il più basso dei tre parve circondato da una corona in forma di spiche che abbagliò tutta la città; il sole, ritornato unico per parecchî mesi, conservò una luce pallida, senza vigore. Ciò significa che quei parelî, come sembra, ebbero origine da un cielo nuvoloso, e che l'umidità atmosferica, persistendo più mesi, lasciò alla luce solare un aspetto pallido e languido. Nel 712 si ebbero tre soli verso la terza ora del giorno, durante i sacrificî espiatorî.

Gli annali menzionano che nel 1118, sotto il regno di Enrico II, re d'Inghilterra, apparvero contemporaneamente due lune piene, una ad

oriente, l'altra ad occidente. Lo stesso anno il re vinse suo padre Roberto, duca di Normandia, e soggiogò questo paese.

Nel 1104, segnalaronsi dei fenomeni atmosferici che pare riassumano tutti i prodigî aerei: il cielo mostrossi soventi volte infiammato (le eclissi di sole e di luna furono frequenti). Parecchie stelle caddero dal cielo; apparvero faci ardenti, dardi infocati, fuochi volanti. I monumenti, le case, gli uomini, gli armenti, i campi ed i loro prodotti furono bersagliati dal fulmine, dalla grandine, dalla tempesta. Nel cielo offrirono fantastici combattimenti eserciti di fuoco, torme di cavalli, coorti di fanteria.

Nel 1120, tra nubi sanguigne, *apparvero un uomo ed una croce infiammati.* Piovve sangue, e si credette fosse giunto l'ultimo giorno (1), Questi prodigî annunciavano una guerra civile.

Nel 1156, sotto lo stesso regno, per lo spazio di più ore, si videro tre cerchî intorno al sole, e, quand'essi scomparvero, osservaronsi tre soli. Questo prodigio volle significare la discordia del re e dell'arcivescovo Tomaso di Cantorbery. L'imperatore distrusse Milano dopo sette anni d'assedio.

L'anno seguente, vidersi ancora tre soli, e, in mezzo alla luna, una *croce bianca.* Nello stesso tempo scoppiò una discordia fra i cardinali per l'elezione del pontefice, e fra i principi elettori per l'elezione del re dei Romani.

Nel 1463, nella Piccola Polonia, una sera, per più di due ore, si vide l'*imagine di Gesù crocifisso* viaggiare nell'aria, con una spada, da occidente a mezzodì. Grandi sventure travagliarono il paese.

Nel 1489, comete, fortissimi venti, *combattimenti di cavalieri e fanti, città, spade, eserciti insanguinati.* Questi orribili segni furono seguiti da pioggie torrenziali, da sterilità, da carestia e da peste.

Nel gennajo del 1514, nel ducato di Würtemberg, si videro tre soli; quello di mezzo era più grande degli altri. Contemporaneamente si distinsero nel cielo spade sanguinolenti e infiammate. Nel marzo susseguente si videro di nuovo tre soli e tre lune; lo stesso anno i Russi furono vinti dai Polacchi, vicino al Boristene. Smolensko, piazza forte della Lituania, fu consegnata alla Russia. I Turchi perdettero una gran battaglia contro i Persiani nell'Armenia maggiore. Nel 1520, due parelî. L'anno appresso i Turchi invasero l'Ungheria e s'impadronirono a tradimento dell'Albania. Lutero sostenne la sua dottrina contro la Chiesa di Roma.

Nel 1526, nel granducato di Würtemberg, apparvero sul cielo, durante la notte, *militari insegne macchiate di sangue.*

Nel 1529, *un corpo ed una spada sanguinanti, una fortezza di fuoco,*

(1) Veggansi più innanzi le *pioggie di sangue,* le pioggie d'insetti, ecc.

cavalli di fuoco, quattro comete che mandarono fiamme ai quattro angoli del mondo; tali sono i prodigî che annunziarono le sommosse della Germania, le devastazioni, le carneficine dei cristiani commesse dai Turchi.

Johnston dice che nel 1532, non lungi da Innspruck (Œnipons), si videro nell' aria *imagini miracolose, un camello circondato di fiamme, un lupo che vomitava fuoco tra un cerchio di fiamme; un leone lo seguiva.*

Nel 1548, in Sassonia, furono veduti precipitare su alcune città *eserciti celesti.*

Il 21 aprile 1551, tre soli e tre arcobaleni apparvero a Magdeburgo. Questa circostanza fece abbandonare, per ordine dell' imperatore Carlo V, l' assedio della stessa città, che durava da quindici mesi, tenuto da Maurizio di Sassonia ed Alberto marchese di Brandeburgo.

Ecco un bell' esempio di siffatte esagerazioni:

Nel 1549 la luna fu veduta circondata da un alone e da paraseleni. Vicino a questi stavano un leone di fuoco a un' aquila che aprivasi il petto. A ciò tenne dietro un' orribile apparizione di città infiammate e, intorno ad esse, dei camelli, e l' imagine di Cristo in croce, coi due ladroni, ed un' adunanza che pareva quella degli apostoli. L' ultima visione fu la più terribile di tutte: si scorse un uomo in piedi, d' aspetto feroce, armato di spada, in atto di minacciare una fanciulla che, piangendo, lo supplicava di non colpirla... Che occhî ci volevano per distinguere tante minuzie!

Nel 1557, un dotto professore di Hedelberg, Teobaldo Wolffhart, scrisse, sotto il pseudonimo di Corrado Licostene, un *Libro dei Prodigî*, il quale componesi di tutti questi fenomeni meteorologici ed astronomici, illustrati a capriccio. Gli aspetti diversi, sotto cui producesi la doppia rifrazione dell' astro sono nel suo libro innumerevoli. Non soltanto nelle regioni nordiche i parelî infondevano negli animi il terrore. Nella stessa Roma, e nelle città scientifiche d' Italia, sedi del movimento intellettuale, il timore ch' essi incutevano alle popolazioni non era minore che non lo fosse a Norimberga o a Rotterdam. Quello che apparve nel 1469, per esempio, commosse grandemente gli animi, e non senza motivo: il *Libro dei Prodigî* lo ricorda. Lo stesso anno Giorgio Scanderberg, il flagello dei musulmani, riportò una segnalata vittoria sui Turchi, e la morte dello Sforza, figlio del duca di Milano, suscitò in Italia guerre deplorevoli. Firenze fu desolata, e la Germania agitata da nuove lotte per opera del duca di Brunswick. Violenti sedizioni insanguinarono l' Inghilterra. Nel dicembre 1492 il parelio si combina coll' apparizione successiva di due comete, e al certo non sarebbe stato un fenomeno troppo splendido per annunziare la scoperta di un nuovo mondo; ma il triplice sole è stato veduto in Polonia, ed i prodigî sono pel settentrione. L' im-

peratore Massimiliano è vinto da Ladislao, re d' Ungheria; Casimiro, re dei Polacchi, spira, e gran parte della città di Cracovia è divorata dalle fiamme. Qui sotto abbiamo riprodotto il famoso triplice sole del *Libro dei Prodigî*.

Coi progressi dell' astronomia e della fisica, colla decadenza dell' astrologia e colla libertà d' esame, questi fenomeni ottici perdettero il loro carattere soprannaturale. Dal secolo scorso in poi osservansi con occhio

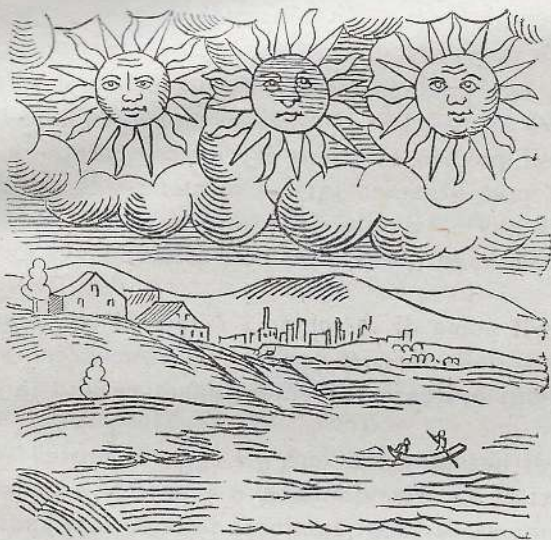



Fig. 83. — I tre soli del 1492.

tranquillo, si analizzano; e noi abbiamo veduto in questo capitolo che la teoria li spiega, e che gli osservatorî e i dotti li registrano come altrettanti fatti fisici, appartenenti al vasto campo della meteorologia. Lo storico Giuseppe Flavio riferisce che al principio dell' assedio di Gerusalemme, posto dai Romani l' anno 70 dell' èra nostra, gli ebrei ebbero avviso del loro disastro, vedendo « marciare degli eserciti nelle nubi rosse ». Fenomeni quasi analoghi ripeteronsi al principio dell' assedio di Parigi, nel settembre 1870, senza contare l' aurora boreale del 24 ottobre; ma ora sappiamo di certa scienza che tali fisici effetti sono puramente naturali, e che prevengono dai giochi della luce nell' atmosfera.

CAPITOLO VIII.

Il miraggio.

L'atmosfera non produce bizzarri fenomeni ottici soltanto nelle altezze aeree, ove avvicendasi il grazioso mondo delle meteore; essa manifesta altresì il proprio carattere capriccioso perfino in questa regione volgare, ove il peso organico tutti c' incatena, e la superficie stessa del suolo e delle acque è talvolta illustrata da strane metamorfosi cagionate dal giro dei raggi della luce nell' aria che avvolge la superficie terrestre.

Designansi col nome di *miraggio* i fenomeni ottici prodotti da uno stato particolare delle *densità* degli strati atmosferici, stato che fa variare le rifrazioni ordinarie, di cui abbiamo parlato in un precedente capitolo.

Per effetto di questa variazione, gli oggetti lontani sembrano o sformati o trasportati a certa distanza, o capovolti, o riflessi, secondo la deviazione impressa ai raggi luminosi dalla densità anormale dell' aria.

Non è solo da oggi che osservasi il miraggio. Alcuni mesi fa, rileggendo nella Biblioteca storica, sempre assai istruttiva, il Diodoro Siculo, trovai una descrizione del fenomeno, la quale data da 2000 anni, e che si cattiverà l' attenzione dei lettori. Eccola:

« Un fenomeno straordinario avviene in Africa. In questi tempi sopratutto durante le bonaccie, l' aria è piena d' imagini d' ogni sorta di animali, alcune immobili, altre ondeggianti. Talora sembra che fuggano, tal altra che s' inseguano; sono tutte di smisurata grandezza, e siffatto spettacolo comprende di terrore quelli che non vi sono abituati. Quando tali figure raggiungono i viandanti che inseguono, esse circondano loro il corpo, fredde e tremanti. Gli stranieri, non abituati allo strano fenomeno, sono colpiti da spavento, ma gli abitanti del paese, che vi sono spesso esposti, non vi abbadano.

« Alcuni fisici tentano di spiegare le vere cause di questo fenomeno dalle apparenze straordinarie e favolose. Nel paese, essi dicono, non tira vento o solo un vento debole e leggiero. Le masse d' aria condensate producono nella Libia ciò che talvolta producono da noi le nubi nei giorni di pioggia, cioè imagini d' ogni forma, che sorgono nell' aria,

da tutte le parti. Questi strati d'aria, sospesi da brezze leggiere, confondonsi con altri strati, eseguendo movimenti oscillatorî rapidissimi; mentre ristabiliscesi la calma, pel loro peso calano al suolo, conservando la configurazione data loro dal caso; se nessuna cagione li disperde, applicansi spontaneamente sui primi animali che si presentano. Il moto di cui ci pare siano dotati non è l'effetto di una volontà, poichè è impossibile che un ente inanimato possa camminare innanzi od arretrarsi. Sono invece gli esseri animati che, a loro insaputa, producono tali moti di vibrazione, e, nell' inoltrarsi, fanno dar indietro con violenza le imagini che pare fuggano dinanzi ad essi. Per la ragione opposta, quelli che s' arretrano, producendo un vuoto ed un rammollimento negli strati d'aria, sembra siano inseguiti da spettri aerei. I fuggiaschi, quando si voltano o si fermano, sono probabilmente raggiunti dalla materia di queste imagini, che si sfascia su di essi, e che, al momento dell'urto, produce la sensazione del freddo. »

Vedesi che se prima dell' epoca di Diodoro osservavasi il miraggio, quella gente era tuttavia lontana le mille miglia dall' averne la spiegazione scientifica, quantunque però già la si supponesse un giuoco di densità degli strati d' aria.

Questo stesso fenomeno (del quale anche Quinto Curzio ha parlato) è stato notato già da molto tempo dagli arabi, e ne hanno parlato più volte gli scrittori orientali. Trovasi, per esempio, nel Corano che « le azioni dell' incredulo sono simili al serab (miraggio) della pianura: colui che ha sete lo piglia per acqua, e solo quando gli si avvicina trova che non è nulla ».

Il miraggio ha veramente cominciato a destare l'attenzione dei fisici verso la metà del diciassettesimo secolo. La scoperta dei cannocchiali ha permesso di fare un gran numero di osservazioni, che non sarebbero state possibili ad occhio nudo; la conoscenza della legge della rifrazione della luce, quella delle variazioni della densità dell'aria per effetto dei cambiamenti di temperatura, sono venute dal canto loro a preparare la spiegazione teorica di queste bizzarre apparenze.

Bisogna scendere fino al 1733 per trovare il primo lavoro veramente scientifico che sia stato pubblicato sul miraggio. È desso opera del professore Busch, che lo aveva osservato sull' Elba, presso Amburgo, e sulle coste del mare del Nord e del Baltico. Egli si era servito spesso di un cannocchiale, e tale ajuto nell'osservazione aveva messo in evidenza per lui dei particolari fino allora sconosciuti. Egli studiò lo *specchio delle acque;* la falsa riva sotto cui pare si dipingano le imagini capovolte; vide navi sospese nell' aria, e che portavano sotto la carena la riproduzione rovesciata degli alberi e delle vele. Il 5 ottobre 1779, alla distanza di due miglia tedesche dalla città di Brema, vide l' imagine naturale di questa città ed una seconda imagine assai spiccata e ca-

povolta; fra la città e lui estendevasi una vasta e verde prateria. Le circostanze principali del fenomeno sono nell' accennato lavoro chiaramente indicate, senza però che alcuna spiegazione teorica lo accompagni.

La relativa teoria è stata data durante la spedizione di Bonaparte in Egitto.

Il suolo del basso Egitto forma una vasta pianura perfettamente orizzontale; la sua uniformità non è interrotta se non da piccole eminenze, su cui inalzansi villaggi, che si trovano così al sicuro dalle inondazioni del Nilo. Alla mattina ed alla sera nulla è cambiato nell'aspetto del paese; ma quando il sole ha riscaldato la superficie del suolo, questa sembra terminata a certa distanza dall'inondazione. I villaggi pajono isole in mezzo ad immenso lago, e sotto ogni villaggio se ne vede l'imagine capovolta. Per completare l'illusione, il suolo scompare, e la vòlta del firmamento si riflette in un'acqua tranquilla. Quanti crudeli disinganni avrà sofferto l'esercito francese! Oppresso dalla fatica, divorato dalla sete sotto un cielo infiammato, esso credeva di toccar quasi quella gran distesa d'acqua trasparente, nella quale disegnavasi l'ombra dei villaggi e dei palmizî; ma di mano in mano che il viandante s'inoltra, i confini di quest' apparente inondazione si discostano; il lago imaginario, che pareva circondasse il villaggio, si ritira; infine esso interamente scompare, e l'illusione si produce per un altro villaggio più lontano. Testimonî di questo fenomeno, gli scienziati addetti alla spedizione non furono meno sorpresi dell'esercito; ma Monge ne diede la spiegazione.

La teoria del miraggio, per essere esattamente compresa, richiede attenzione speciale. Questo fenomeno producesi allorchè i raggi luminosi, in virtù dei quali vediamo gli oggetti, prima di giungere all'occhio nostro subiscono una deviazione, cagionata dalla differenza di densità degli strati d'aria ch'essi attraversano. In merito ai crepuscoli abbiamo veduto che, allorquando un raggio luminoso penetra da un mezzo *meno* denso in altro *più* denso, subisce una deviazione che lo *curva* verso il suolo. Ora, quando all' incontro esso passa da un mezzo *più* denso in un mezzo *meno* denso, subisce una deviazione che lo *rialza* verso il cielo.

Inoltre, l'angolo di rifrazione è più grande dell' angolo d' incidenza e giunge un momento in cui tal raggio, rifrangendosi, produce un angolo di 90°, o angolo retto colla verticale. Quest'angolo si chiama *angolo limite.*

Di là dell' angolo limite, i raggi sono riflessi e risalgono. Quest' è ciò che in fisica designasi col nome di *riflessione totale.*

Si può aver un esempio di tal fatto riempiendo d'acqua un bicchiere che tiensi in modo da poter vedere la superficie dell'acqua per di sotto. Questa superficie comportasi come uno specchio. Un cucchiajo immerso

nell' acqua vi si riflette. Altro esempio: un prisma di vetro, posto al l' apertura di una camera oscura, può intercettare completamente il passaggio della luce, a motivo di questo stesso fatto di riflessione totale. In conclusione, quando un raggio luminoso tende ad uscire da un mezzo più rifrangente per entrare in uno meno rifrangente, sotto un angolo maggiore dell' angolo limite, il raggio è totalmente riflesso.

Ciò posto, ora concludiamo che il miraggio è un fenomeno di riflessione totale.

Per effetto dei raggi solari, quando l'atmosfera è tranquilla, gli strati d'aria che sono in contatto col suolo si riscaldano molto, e può accadere che in una piccola porzione la loro densità sia decrescente, man mano che diminuisce la distanza dal suolo. È un fatto puramente accidentale, che dipende da diverse circostanze speciali al luogo ove si

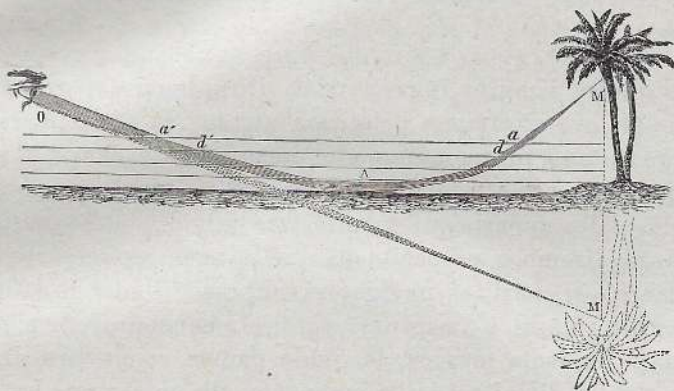



Fig. 84. — Spiegazione del miraggio comune.

osserva, e che estendesi pochissimo, e non reca quindi alcun pregiudizio alla legge generale del decremento della densità, coll'aumentare dell' altezza.

Nel caso in cui queste condizioni fisiche s' incontrino, ecco ciò che può accadere: un raggio luminoso venuto dal punto *M* (fig. 84) va a rinfrangersi successivamente in *a d* scostandosi dalla normale: in un dato istante la sua direzione coinciderà con quella dello strato d'aria *A*, e quest'ultimo farà da specchio; il raggio seguirà dunque in senso inverso una strada *A*, *d*, *a'* simile a quella già seguita, e giungerà al l'occhio dell'osservatore, che vedrà nella direzione inferiore *O M* una imagine del palmizio *M*, nello stesso tempo che vedrà l'oggetto direttamente. È dunque lo strato d'aria che diventa specchio, e fa quindi l' ufficio d' una superficie d' acqua riflettente.

Tale è il miraggio comune o miraggio inferiore.

Questa deviazione inferiore e riflessa dei raggi luminosi non sempre colpisce, come lo si potrebbe credere. Molti passeranno oltre senza os-

servare, e fin anco, avvertiti del fatto, dichiareranno di non veder nulla di straordinario o di degno di essere considerato. Per ben discernere il miraggio, non solo richiedesi vista lunga ed estesa, ma vuolsi altresì osservare i particolari ed aver l'abitudine dell'orizzonte; pei viaggiatori, pei marinaî, pei meteoristi quest'esercizio è divenuto familiare; ma molto spesso gli occhî non scientifici non ci abbadano. Pure, in certi casi, e specialmente in certe regioni del globo, il miraggio rivelasi con tale evidenza, che colpisce gli occhî più distratti. Così appare talvolta il miraggio sulle coste dello stretto di Messina; e così mostrasi, ma più di sovente, nelle pianure sabbiose dell'Arabia e dell'Egitto.

Il miraggio si fa vedere ora sulla superficie del mare, dei laghi o dei gran fiumi, ora sulle grandi pianure aride, e principalmente nelle regioni sabbiose, sulle grandi strade o sulle vaste distese del litorale marittimo.

. . . .

Sovente queste imagini ingannatrici, dipendenti dal gioco dei raggi solari e della loro rifrazione primitiva attraverso strati d'aria di varia densità, presentano forme puramente imaginarie e che si è inclinati a considerare come reali, quantunque la loro origine sia così fortuita come quella delle apparizioni manifestate talvolta dalle nubi.

Altrettanto diremo a proposito di quelle isole sconosciute, che appajono, in mezzo ai mari, ai navigatori sorpresi, illudendo la mente loro coll'aspetto di ridenti e imaginarî paesi. I marinaî svedesi hanno cercato a lungo un'isola magica, la quale pareva si elevasse fra le isole d'Aland e quelle d'Upland; altro non era che miraggio. Le città che sembrano edificate dalla verga d'una fata sono talvolta semplicemente il riflesso di città più lontane, ma spesso poi anche nulla varrebbe a spiegarne, se non la natura, almeno l'origine. Durante l'estate del 1847 « in un caldissimo giorno di luglio, dice il signor Grellois, camminavo lentamente al passo del mio cavallo, fra Ghelma e Bona, insieme ad un gentile giovinotto, che sette anni più tardi ebbi il dolore di perdere. Giunti a due leghe circa dalla città di Bona, verso un'ora di sera, ci fermiamo ad un tratto alla svolta d'un sentiero, maravigliati all'aspetto del quadro che svolgevasi sotto gli occhî nostri. All'est di Bona, su un terreno sabbioso, del quale alcuni giorni innanzi avevamo constatato l'arida nudità, inalzavasi in quel momento, sopra una collina lievemente inclinata che bagnava le sue falde nel mare, una bella e vasta città ornata di monumenti, di guglie e di campanili. L'illusione era tale che la ragione soltanto ricusava di ammettere la realtà di quel panorama, il cui delizioso spettacolo godemmo quasi per mezz'ora. Come era nato il fenomeno? Nulla in quella città fantastica somigliava a Bona, e meno ancora a La Calle od a Ghelma, lontana una ventina di leghe.

Ammettiamo l'imagine riflessa di qualche gran città della costa di Sicilia? Sarebbe, parmi, un andare tropp'oltre il verosimile » (1).

Ecco ora una specie di miraggio che non è raro incontrare, ma di effetti meno spiccati, e che perciò appunto è stato studiato meno; è il riavvicinamento degli oggetti situati oltre l'orizzonte e che si trovano rialzati sopra di esso. Nel miraggio comune, dianzi descritto, le densità dell'aria crescono coll'altezza, le trajettorie sono convesse verso terra, almeno in tutta la loro parte inferiore. Nel caso attuale le densità vanno decrescendo, e le trajettorie diventano concave, assai concave verso il suolo. Una trajettoria luminosa, dapprima orizzontale, dovrebbe, movendosi nel vuoto, rimanere rettilinea, e la rifrazione atmosferica *ordinaria* inflette questa trajettoria pel verso dei cerchî massimi del globo, dandogli circa la dodicesima parte della curvatura terrestre. Ma se lo stato degli strati è modificato, e se, per effetto di un accrescimento anormale nella temperatura, le densità decrescono coll'altezza, secondo una progressione molto più rapida della progressione abituale, l'effetto rifrattivo di questi strati può dare alle trajettorie un incavamento più considerevole e che sia il quarto, la metà od anche la totalità della curvatura d'un cerchio massimo della terra; talvolta anzi quest'effetto potrà far loro superare quest'ultimo limite.

In simili condizioni, le diverse trajettorie che passano dall'occhio e sono situate in uno stesso piano verticale, invece di dividersi a due a due, come avveniva nel caso del miraggio comune, vanno *per l'ordinario* divergendosi. Risulta allora che non si possono ottenere due imagini

---

(1) Il miraggio inferiore consiste talvolta in semplici effetti di rifrazione, quali sarebbero: alterazione e ingrossamento degli oggetti, effetti spesso bizzarri; nel mese di maggio del 1837, durante la spedizione d'Algeria, che precedette il contratto conchiuso con Abd el Kader, il signor Bonnefont, tra gli effetti di miraggio, osservò il seguente curiosissimo fenomeno:

Uno stormo di fiamminghi, trampolieri comunissimi in questa provincia, sfilò sulla riva sud-est alla distanza di sei chilometri. Questi volatili, man mano che lasciavano il suolo per camminare sulla superficie del lago, prendevano tali dimensioni da rassomigliare, fino ad illudere, a cavalieri arabi che sfilassero in perfetto ordine! Per un istante l'illusione fu sì completa, che il generale in capo Bugeaud spedì un *pahis* in ricognizione. Costui attraversò il lago in linea retta; ma arrivato al punto ove cominciavano a prodursi le ondulazioni, le gambe del cavallo si fecero poco a poco sì alte, che cavallo e cavaliere parevano retti da un animale fantastico, alto più metri, e che si dibattesse nei flutti spalancati per sommergerlo... Tutti contemplavano il curioso fenomeno, quando una densa nube, intercettando i raggi del sole, fece scomparire gli effetti ottici, e ristabilì la realtà di tutti gli oggetti.

Talvolta producevasi un altro effetto, che in breve divenne argomento di svago pei militari. Se, mentre il sole era ad oriente e soffiava il vento dalla parte opposta, projettavasi sul lago un corpuscolo leggiero cui il vento potesse trasportare, strana cosa era di vederlo ingrossare a misura che allontanavasi, e non appena il vento avevagli fatto raggiungere le ondulazioni, esso assumeva improvvisamente la forma di una piccola navicella, la cui agitazione sulle onde era proporzionata alle scosse portate dal vento. Meglio riuscivano ad illudere le teste di cardo, che più facilmente obbedivano alla leggiera brezza; allora l'illusione era completa. Nella mattina del 18 giugno, con una temperatura di 26° centigradi, una brezza un po' forte di levante ed uno strato nuvoloso, che incominciava a dissipare il calore, alle ore 8 1/2 si slanciò un certo numero di teste di cardo: quando il vento le ebbe spinte fino al punto ove pronunciavasi le ondulazioni, esse presentarono lo spettacolo curioso di una flotta in disordine... Pareva si urtassero le navi le une contro le altre; poi, trasportate dal vento a grandissima distanza, disparvero completamente, quasichè fossero andate a picco!

dello stesso oggetto. Chi misura la depressione dell' orizzonte apparente, lo trova molto rialzato, talvolta quasi al livello dell' orizzonte razionale; oggetti di solito invisibili, a motivo della loro grande lontananza e della incurvatura della terra, possono diventar visibili. La posizione casuale di questi oggetti, al di qua del contorno apparente dell' orizzonte sensibile, li fa supporre molto più vicini che non siano; un'altra circo-

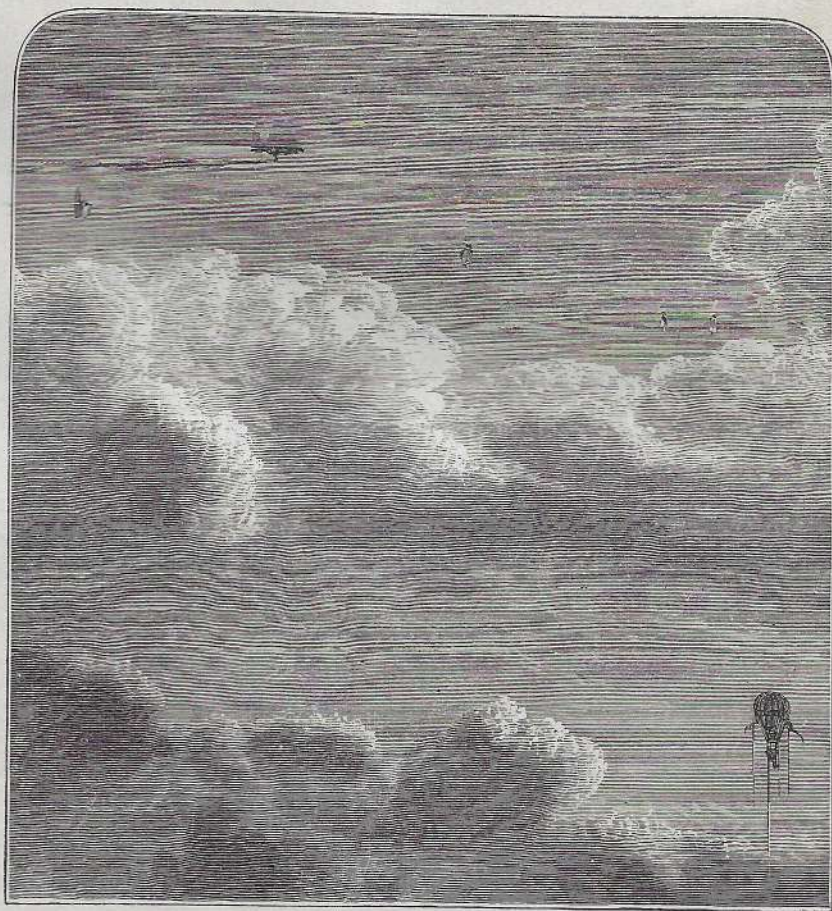



Fig. 85. — Miraggio superiore osservato in pallone.

stanza favorisce inoltre questa illusione: è la trasparenza dell' aria nel tempo che producesi il fenomeno.

Siccome non verificasi alcun rovesciamento d' oggetto, è chiaro che l' osservatore sarà meno impressionato da questa forma particolare del miraggio, che non da quella corrispondente al caso più sopra esaminato; e però è stato osservato meno di sovente. Woltmann e Biot fanno riflettere che si può riconoscere tale stato particolare dell' atmosfera da

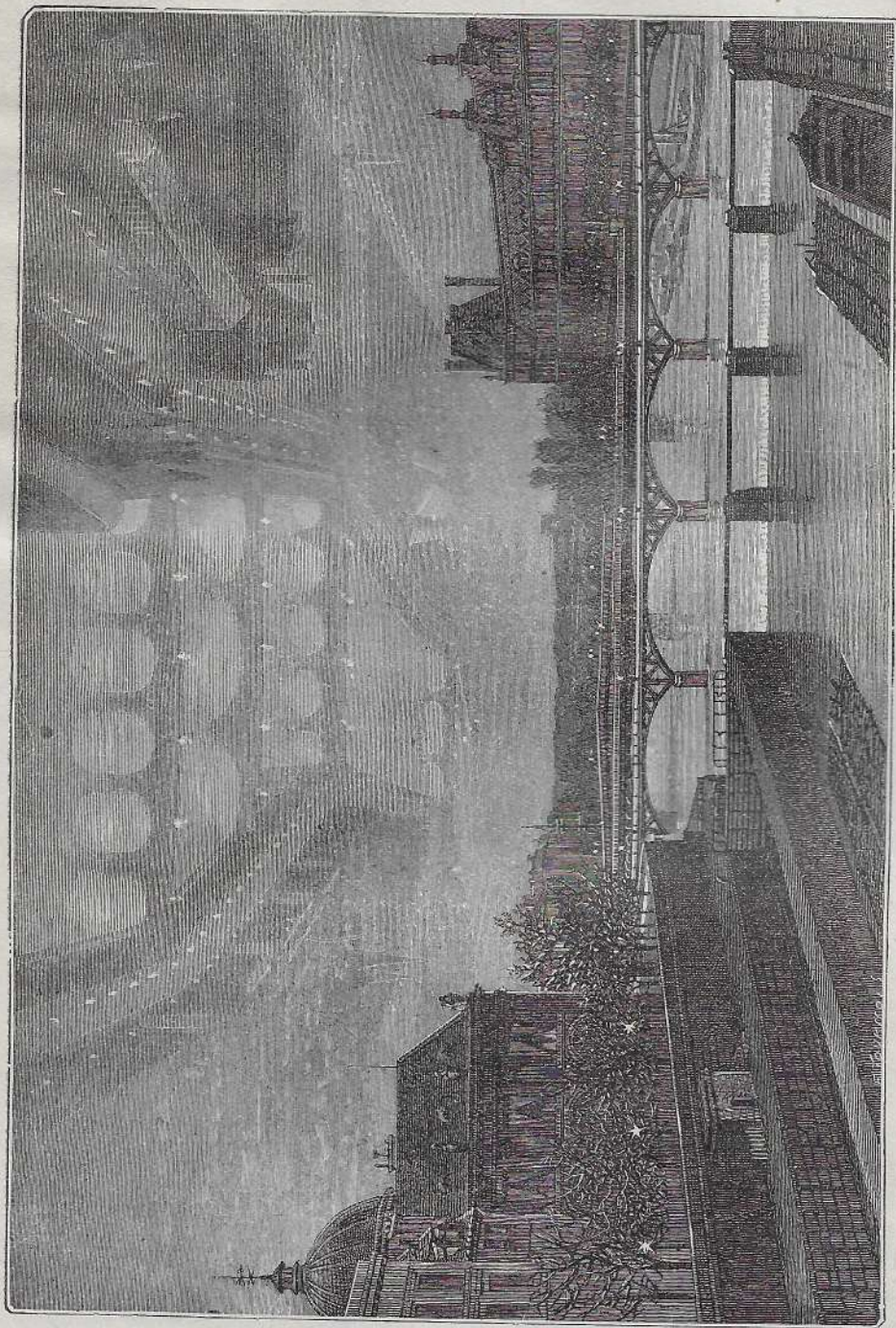



Fig. 86. — Miraggio superiore osservato a Parigi nel 1869.

questi segni che il mare sembra concavo, che nello stesso tempo l'orizzonte si vede per disopra il corpo delle navi, che le spiaggie lontane assumono l'aspetto di alte scogliere, e che pare s' inalzino gli oggetti lontanissimi nell' aria come nubi.

Una circostanza ottica, meritevole d'attenzione, è la seguente: nel mentre gli oggetti sono così rialzati sopra altri oggetti che li mascheravano di solito, e che sono trasportati molto al di qua dell'orizzonte apparente, sembrano molto meno lontani dall' occhio: Heim descrisse un fenomeno simile, osservato nelle montagne della Turingia: egli ha veduto apparire ad un tratto tre alte vette, di là d'una catena intermedia, che avrebbe dovuto nasconderne la sommità, e tali vette parevano sì spiccate, che con un semplice occhialetto poteva distinguere i cespugli alla distanza di quattro miglia tedesche (30 000 metri). Il signor di Tessan ha osservato un fenomeno dello stesso genere nel porto di Saint-Blas in California.

Una lettera in data di Teneriffa, e pubblicata dal *Corriere delle scienze*, riferisce fin anco che dalla sommità di questa montagna, donde la vista spazia in un orizzonte di 50 leghe di raggio, un miraggio ha mostrato i monti di Alleghany, situati nell'America settentrionale, lontani 1000 leghe! Non oso ancora accertare il fatto.

Dopo le due grandi categorie di fatti appartenenti al fenomeno del miraggio, delle quali una si riferisce al caso della depressione degli oggetti, e l'altra a quella della loro elevazione, noi dobbiamo ora considerare un altro effetto non meno curioso: il *miraggio superiore*.

Questo miraggio presenta tre casi diversi. Talvolta scorgesi sopra l'oggetto l' imagine sua capovolta, e, al disopra di questa, una seconda imagine ritta come l' oggetto; tal altra, delle due imagini superiori esiste soltanto la capovolta, perchè l' imagine diritta superiore è scomparsa; alcune volte infine non esiste fuorchè l' imagine diritta superiore senza imagine capovolta al di sotto.

Woltmann ha osservato in tre riprese diverse il miraggio superiore; gli oggetti sembravano riflessi nel cielo; vedevasi nell' aria l' imagine dell' orizzonte delle acque, e di sotto pendevano capovolti gli oggetti della riva, case, alberi, colline, molini; spesso una stria d'aria separava l' imagine rovesciata dagli oggetti posti sotto, ma di solito l' imagine e l'oggetto incontravansi e penetravansi in modo che ne risultava l'apparenza di un' alta scogliera con strie verticali.

Welterliag ha fatto osservazioni analoghe sulla Svenska-Hogar, isole situate all' imboccatura del porto di Stoccolma. « Sopra ciascun scoglio mostrasi nell' aria un punto nero; poi questi punti si allungano dal basso e finiscono a congiungersi allo scoglio, che piglia la forma d'una colonna nove o dieci volte più alta di esso. Ne viene un falso orizzonte sul quale si trovano trasportati tutti gli oggetti; sembrano così tutti

allineati sopra uno stesso livello, e in linea retta, quantunque la loro altezza assoluta sia molto diversa. »

Crauz, in Groenlandia, ha veduto le isole Kokernen inalzare le rive loro sotto forma di scogliere, di vecchie torri, di ruine. Brandes osservò che l'imagine superiore e diretta manca il più delle volte, e attribuisce tal caso al difetto di sfericità degli strati omogenei. Egli osserva inoltre essere questo un fenomeno localissimo; qualche volta mostravasi sulle case orientali del borgo di Damgast, mentre non lo si vedeva su quelle d'occidente.

Bene spesso questi oggetti si dipingono nel cielo ad una discreta altezza al disopra dell'orizzonte. Gli uni si movono con grande velocità, gli altri sono in riposo; i loro contorni brillano talvolta dei colori dell'iride. Mano mano che aumenta la luce, le forme diventano più aeree e svaniscono quando il sole si mostra in tutto il suo splendore (1).

Il miraggio superiore producesi più spesso sulle coste del mare che non in pieno continente; poichè vi è più frequente la variazione di densità degli strati atmosferici. Nella sua ascensione aeronautica del 16 agosto 1868, sopra Calais, Gastone Tissandier ha veduto, con grande esattezza di contorni, l'imagine del battello a vapore e di parecchie barche che navigavano al rovescio sopra un oceano capovolto (fig. 85). Il cielo superiore rifletteva il mare colla verdognola tinta delle acque e gli effetti di luce della spiaggia. Citiamo ancora il

---

(1) Bernardino di Saint-P..rre riferisce a tal proposito i seguenti fatti:

Un fenomeno singolarissimo mi è stato descritto dal nostro celebre pittore Vernet, mio amico. Nella sua giovinezza, essendo egli in Italia, dedicavasi particolarmente allo studio del cielo, più interessante senza dubbio di quello dell'antico, poichè si è dalle sorgenti della luce che partono i colori e le prospettive aeree formanti l'incanto dei quadri nonchè della natura. Vernet, per stabilirne le variazioni, aveva imaginato di dipingere sui fogli d'un libro tutte le gradazioni di ogni colore principale e di segnarle con numeri diversi. Quando disegnava un cielo, dopo aver abbozzato i piani e le forme delle nubi, ne notava rapidamente le tinte fuggitive su di un quadro con cifre corrispondenti a quelle del suo libro, quindi le coloriva con tutto suo agio.

Un giorno fu assai sorpreso di scorgere nel cielo la forma di una città capovolta; se ne distinguevano perfettamente i campanili, le torri, le case. Egli si affrettò a riprodurre quel fenomeno, e, deciso di conoscerne la cagione, incamminossi, seguendo lo stesso rombo del vento delle montagne. Ma qual fu la sua sorpresa nel trovare a sette leghe al di là la città di cui aveva veduto nel cielo lo spettro e della quale aveva il disegno nel suo portafogli!

Gli è forse ad effetti di miraggio che devesi attribuire una straordinaria facoltà di visione d'un colono dell'isola di Francia. Verso la fine dello scorso secolo, un colono di quell'isola, il signor Baltineau, notava dei navigli posti molto in là dei limiti dell'orizzonte fino ad una distanza considerevole. La nuova scienza ch'ei pretendeva avere costituita, combinando gli effetti prodotti dagli oggetti lontani sull'atmosfera e sull'acqua era da lui chiamata la Nauscpoia. Egli venne a Parigi, munito di certificati dell'intendente e del governatore dell'isola di Francia, attestando la realtà della sua scoperta, ma non riuscì neppure ad ottenere un'udienza del signor Castries, allora ministro della marina. Nessuno cercò scoprire con quali mezzi otteneva risultati così meravigliosi, ai quali un giudice competente, Arago, non rifiutava di credere, cercando se certi fenomeni crepuscolari, in cui le ombre portate dalle lontane montagne rappresentano probabilmente una parte, potevano mettere sulla strada di tale importante segreto. Il povero colono ritornò nella propria isola, dove lo si vide fino al termine della sua vita passare quasi tutto il tempo sulla riva del mare, coll'occhio fisso sull'orizzonte, continuando ad eccitare l'universale stupore, mercè l'esattezza delle sue indicazioni.

curioso fatto seguente, che ricorda le apparizioni dell'assedio di Gerusalemme e quelle che accompagnarono la guerra di Cinna e di Mario.

Il 20 settembre 1835, gli abitanti delle campagne vicine all'Agar, una collina del Mendip, in Inghilterra, furono testimonî di uno strano spettacolo: verso le 5 del pomeriggio, videsi nel cielo coperto da densi vapori un immenso corpo di truppe a cavallo, che pareva sfilassero ora di passo ora di gran trotto; i cavalieri, con la sciabola in pugno, erano tutti uniformemente equipaggiati, e quasi distinguevansi le briglie e le staffe. Per qualche tempo si videro manovrare sei di fronte, poi disporsi in due file. Durante più giorni questo spettacolo straordinario è stato l'argomento di tutte le conversazioni della città di Bristol. Garnier riferendo il notevole fatto (*Trattati di meteor.* Bruxelles, 1837), non esita a considerarlo come un miraggio, quantunque nessuno abbia potuto sapere ove fossero gli *oggetti mirati.*

Coll'appoggio delle testimonianze di parecchie persone degne di fede potrei aggiungere a questo fatto un'osservazione analoga, stata fatta a Neviers nel 1818. Una mattina tre abitanti della città hanno veduto distintamente un esercito nel cielo, e con tanta precisione, che hanno riconosciuto le uniformi dell'artiglieria, e, tra gli altri oggetti, un cannone con una ruota spezzata e che stava per cadere. Ad onta delle varie narrazioni non sono riuscito a calcolare in qual luogo potesse essere il veduto esercito.

Si può dire che non passa stagione senza che i giornali registrino l' avvenimento di un fenomeno di miraggio superiore prodotto nelle nostre regioni temperate, qual è la riflessione d'una città nel cielo. Ma in generale le imagini sono fuggevoli e diffuse. Non ha molto un effetto simile l'abbiamo avuto a Parigi, e tanto più meritevole d'attenzione perchè prodotto dal chiaro di luna.

Nella notte del 14 dicembre 1869 (fig. 86), fra le tre e le quattro antimeridiane, le persone che ritornavano dalle veglie, attraversando i ponti e i lungo-Senna, furono testimonî di questo curioso fenomeno. Faceva un bel chiaro di luna, ma la luna ed il cielo erano velati da nubi che sarebbersi dette rischiarate dalla luce d'un'aurora boreale. Era un bell'effetto di miraggio superiore, e per più di un'ora i pochissimi spettatori poterono esaminare il nuovo spettacolo.

Parigi coi palazzi, i monumenti ed il fiume mostravasi sulle nubi che mascheravano il cielo, ma capovolto, come se al di sopra di Parigi fosse stato posto un immenso specchio. Il Panteon, gl'Invalidi, Nostra Donna, i palazzi del Louvre e delle Tuileries vi erano disegnati. Dal ponte delle Arti vedevansi a ponente la Senna, i ponti, le croci di Santa Clotilde, la piazza della Concordia, i Campi Elisi ed il palazzo dell' Industria, che inargentati dalla luce lunare presentavano un' imagine rossa di effetto indescrivibile.

Il miraggio può prodursi altresì fra due strati d'aria separati da un piano verticale, e questo specialmente accade per le alte muraglie esposte a mezzodì quando sono scaldate dal sole, ed allora producesi il miraggio comune. In tal caso esso è chiamato *miraggio laterale.* Qui la muraglia comportasi come il suolo esposto ai raggi del sole, e, per la spiegazione, una linea perpendicolare al muro surroga la verticale da noi supposta pel miraggio orizzontale. Siccome poi gli strati d' aria riscaldati si rinnovano con facilità alzandosi lungo il muro, l' azione perturbatrice delle densità non si stende a distanza molto considerevole. Bisogna dunque porre l'occhio di poco innanzi al piano del muro, e guardare in direzione parallela gli oggetti che se ne avvicinano e se ne allontanano.

Le persone che si dirigono verso le porte che s'aprono nel muro, le imagini che attraversano nel cielo la verticale parallela a quella del muro, mostrano costantemente l' imagine capovolta indicata dalla teoria del miraggio comune. Pare che Grubert sia stato tra i primi osservatori di questo fenomeno. Blackadder ha descritto il miraggio laterale osservato da lui contro il bastione del re Giorgio nella città di Leida. È stato pure osservato da Gilbert. Lo si vede spesse volte a Parigi, nelle giornate calde, ponendo l'occhio sul prolungamento del muro del Louvre o di quello delle Tuileries. Il muro meridionale della Borsa, riscaldato verso le due, riflette piuttosto bene gli oggetti ad esso accostati, per l' osservatore che si pone a guardare un pochino innanzi al prolungamento del muro. Nelle fortificazioni, a mezzodì, due persone situate a poco più di 100 metri di distanza l' una dall' altra, vedono benissimo la loro imagine rispettiva riflessa dal sottile strato di aria calda che sale rasente il muro; vi si distingue parimenti la riflessione de' campi, degli alberi e dei passeggieri. Lo stesso fatto fu osservato a Berlino e in generale ovunque si è tenuta l'attenzione in esercizio. Nel caso particolare che stiamo considerando, l' imagine è sempre parsa uguale in grandezza all' oggetto.

Aggiungiamo inoltre il miraggio multiplo che si presenta quando parecchie imagini, tutte capovolte, sono sovrapposte all' oggetto. Biot e Arago hanno veduto prodursi fenomeni di questo genere, sulla montagna Desserto de las Palmas, di notte, osservando al cerchio ripetitore un fanale acceso nell' isola d' Ivyza. Al disopra dell' imagine comune, videro formarsi due, tre, quattro false imagini sovrapposte nella stessa verticale. Scoresby ha osservato il 18 luglio 1821, un brick che sopra di sè aveva tre imagini sovrapposte e tutte e tre capovolte; in ciascuna di esse il corpo della nave era in contatto coll' imagine similmente rovesciata del banco di là del quale egli era situato.

Il miraggio non si presenta sempre coi caratteri di regolarità da noi indicati; ora la seconda imagine si mostra sopra la vera, ora vedonsi

due imagini a fianco o di contro l'una all'altra; in certi casi si confondono, in altri si allontanano; talvolta infine le imagini non sono capovolte e sembrano sospese nelle pianure dell' aria.

Il dottor Vince descrive parecchie curiosissime osservazioni. Quando il tempo è bello, da Ramsgate scorgonsi le cime delle più alte torri del castello di Douvres. Il resto del fabbricato è nascosto da una collina lontana dodici miglia circa da Ramsgate. Il 6 agosto 1806, il dottor Vince, guardando dalla parte di Douvres, alle sette ore di sera, non solo vide le quattro torri del castello, come al solito, ma anche il castello stesso in tutte le sue parti fino alla base. Lo si vedeva così spiccato, come se bello ed intero fosse stato trasportato sulla collina di Ramsgate.

Biot e Mathieu compierono osservazioni analoghe a Dunkerque sulle rive del mare, nella plaga sabbiosa che stendesi ai piedi del forte Risban. Biot ne ha data la ragionata teoria nelle *Memorie dell' Istituto* del 1809; egli ha fatto vedere che a partire da un certo punto *l*, preso a qualche distanza davanti all'osservatore *o* (fig. 87), si può ideare una

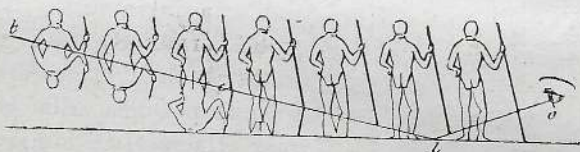



Fig. 87. — Effetto del miraggio rappresentante figure di carte da giuoco.

curva *l b*, tale che tutti i punti a essa sottoposti rimangono visibili, mentre quelli che sono al disopra, fino a certa altezza, offrono due imagini: una comune e diretta, l'altra straordinaria, inferiore allo strato e rovesciata. Così, un uomo che si allontani dall'osservatore, partendo dal punto *l*, gli offre le apparenze successive rappresentate da questo disegno. Soret e Jurine hanno osservato sul lago di Ginevra, nel settembre 1818, alle dieci antimeridiane, il notevole fenomeno rappresentato dalla figura 88. La curva *a b c* disegna la sponda occidentale del lago; una barca carica di botti, a vele spiegate, era in *p*, in faccia alla punta di Belle-Rive, e faceva rotta per Ginevra; gli osservatori, col telescopio, la vedevano nella direzione *g p*; essi erano sulla sponda del lago, al secondo piano della casa di Jurine, presso a poco alla distanza di due leghe. Mentre la barca prese successivamente la posizione *q*, *r*, *s*, se ne vide un' imagine laterale sensibilissima in *q'*, *r'*, *s'*, che avanzavasi come la barca medesima, ma che sembrava scostarsi a sinistra di *g p*, nel tempo in cui la barca medesima si allontanava a destra. Quando il sole illuminava le vele, tale imagine era abbastanza chiara per poter essere scorta ad occhio nudo. La direzione dei raggi solari è indicata da *i y*.

Basta conoscere la posizione dei luoghi per vedere al momento che cosa sia un fenomeno di *miraggio laterale.* A destra di *g p* l'aria era rimasta nell'ombra per una parte della mattina; a sinistra invece era stata riscaldata dal sole; la superficie di separazione dell'aria calda e dell'aria fredda doveva essere presso a poco *verticale*, in una piccola estensione al disopra dell' acqua; da una parte e dall' altra di questo strato erasi fatto un miscuglio, la cui densità andava sempre crescendo da sinistra a destra, e colà producevasi, negli strati verticali, ciò che avviene ordinariamente sul suolo negli strati orizzontali.

Il 23 aprile 1869, alle ore due di sera, vedevansi perfettamente da Folkestone le coste di Francia da Calais fino ad oltre Boulogne. Sotto l' imagine dritta delle torri e degli edifizî si vedevano imagini capovolte due volte più grandi. Il faro del capo Gris-Nez dava cinque imagini.

Nelle regioni polari, i giochi della rifrazione si presentano sotto le più capricciose e straordinarie apparenze: « L' eccessiva condensazione dell'aria in inverno, dice l' ammiraglio Wrangell, e i vapori sparsi in estate nell' atmosfera danno una grande potenza alla rifrazione del mar Glaciale, in simil caso le montagne di ghiaccio prendono spesso le forme più bizzarre; talvolta sembrano perfino distaccate dalla superficie ghiacciata che loro serve di base in modo da parer sospese nel l'aria. » Quante volte l'ammiraglio Wrangell ed i suoi compagni non credettero scorgere montagne di color turchiniccio, i cui contorni si disegnavano nettamente, e fra le quali sembrava loro di distinguere vallate e roccie! Ma nel momento in cui si rallegravano d'avere scoperto la terra con tanto ardore desiderata, la massa turchiniccia, trasportata dal vento, estendevasi da una parte e dall' altra e finiva coll'abbracciare tutto l'orizzonte.

Fig. 88. — Miraggio laterale osservato sul lago di Ginevra.

Scoresby, il quale ha raccolte nei paraggi della Groenlandia tante utilissime osservazioni, fa notare eziandio che il ghiaccio riveste all'orizzonte le forme più singolari e su molti punti sembra perfino sospeso nell' aria.

Il più curioso fenomeno fu quello di vedere l' imagine capovolta e perfettamente netta di un naviglio che era al di sotto dell'orizzonte: « Noi avevamo già osservato simili apparenze, egli dice, ma questa aveva per carattere particolare la nettezza dell' imagine, ad onta della grande lontananza del legno. I suoi contorni erano sì ben segnati, che

osservando quell' imagine con una lente di Dollond, distinguevo tutte le minuzie dell'alberatura e della carcassa della nave, sicchè la riconobbi per quella di mio padre. Paragonando i nostri libri di bordo vedemmo che eravamo a 55 centimetri l'uno dall'altro, cioè a 31 chilometri dall'orizzonte e molto al di là dei limiti della vista distinta. »

Sulle rive dell'Orenoco, Humboldt e Bonpland trovarono a mezzogiorno la temperatura della sabbia al sole a 53°, mentre a 6 metri sopra il suolo il calore dell'aria non era che di 40° centigradi. I piccoli monti di San Juan e d'Ortez, catena chiamata *galera*, situati a tre o quattro leghe di distanza, parevano sospesi; sarebbesi detto che i pal-

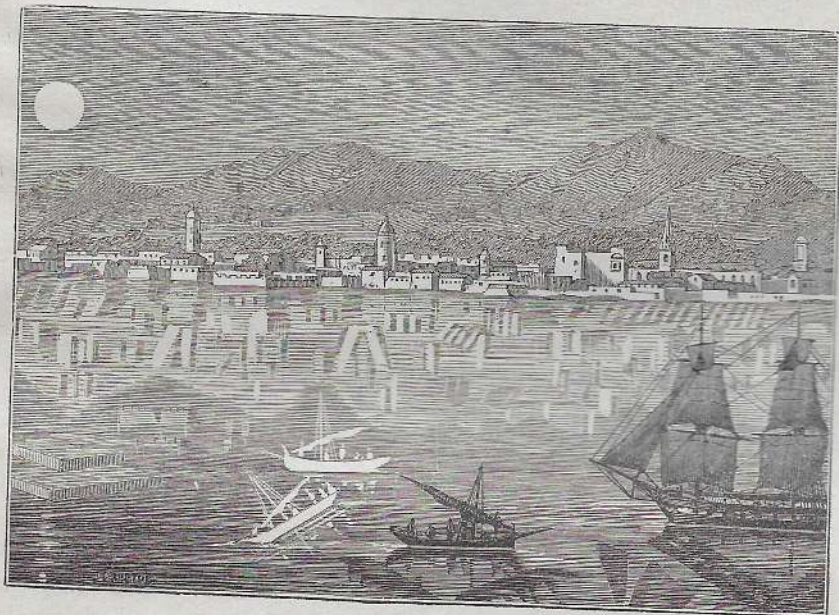



Fig. 89. — La Fata Morgana.

mizî mancassero di piede; finalmente, in mezzo alle savane di Caracas, quei dotti credettero vedere alla distanza di circa metri 2000 una mandra di *giovenche nell'aria;* essi però non notarono nessuna doppia imagine. Humboldt osservò pure una mandra di buoi selvaggi, parte dei quali sembrava avessero le gambe al di sopra della terra, mentre l'altra riposava sul suolo.

I miraggi non si formano soltanto nei paesi caldi; abbiamo appena veduto che ne fu osservato uno fin nel mezzo dei mari polari. Citeremo fra le altre una pittoresca descrizione data dal navigatore Hayes durante il suo viaggio ai mari artici nel 1861. Era allo stretto di Smith, all' 80° di latitudine, quindi a 10 soli gradi dal polo ed alla fine di luglio.

Un zeffiro leggiero, egli dice, increspava appena la superficie del mare, e sotto un sole abbagliante noi scorrevamo sulle pacifiche onde, dovunque disseminate di massi di ghiaccio scintillanti e di avanzi di vecchî campi di ghiaccio; qua e là brillava qualche stretta fascia di cristallo staccata dai grossi banchi. Gli animali marini e gli uccelli dell'aria si radunavano intorno a noi ed animavano le placide acque e la tranquilla atmosfera; le morse sbuffavano e muggivano guardandoci; sul nostro passaggio le foche alzavano le loro teste intelligenti; i narvali, in torme numerose e soffiando pigramente, sporgevano il lungo corno fuori dell'acqua e facevano disegnare ai loro corpi screziati una graziosa curva al disopra del mare per godere i raggi del sole; moltissime balene bianche fendevano le onde.

Seduto sul ponte, passai lunghe ore nel tentare, senza molto risultato, di riprodurre sulla mia carta le verdi e splendide tinte dei massi che vogavano presso il naviglio e nel contemplare uno spettacolo sì meraviglioso. I cieli polari sono grandi artisti in magica fantasmagoria. L'atmosfera era di una rara dolcezza, e noi fummo testimonî d'un notevolissimo miraggio, fenomeno per altro abbastanza frequente ne' bei giorni dell'estate boreale.

L'orizzonte, per così dire, addoppiavasi; gli oggetti situati a grandissima distanza ascendevano presso di noi come chiamati dalla bacchetta magica, e sospesi nell'aria cambiavano forma ad ogni momento. *Icebergs,* banchi galleggianti, linee di coste, monti lontani apparivano d'improvviso, conservavano talvolta il loro naturale contorno per alcuni minuti, poi si estendevano in lungo ed in largo, s'inalzavano o si abbassavano secondo che il vento agitava l'atmosfera, oppure ricadevano pacificamente sulla superficie delle acque.

Quasi sempre quelle evoluzioni erano altrettanto rapide quanto quelle del caleidoscopio; tutte le figure che l'imaginazione può concepire projettavansi a vicenda sul firmamento. Un campanile acuto, allungata imagine di qualche picco lontano, slanciavasi nell'aria, poi cambiavasi in croce, in ispada, quindi in forma umana, poscia svaniva per essere sostituito dall'ombra di un masso drizzantesi come una fortezza.

I campi di ghiaccio prendono l'aspetto d'una pianura sparsa qua e là d'alberi e d'animali; poi montagne frastagliate e dissolventisi rapidamente ci lasciano vedere un lungo seguito d'orsi, di cani, d'uccelli, d'uomini che danzano nell'aria e saltano dal mare verso i cieli... È impossibile dipingere questo strano spettacolo: un fantasma dietro l'altro veniva a prendere il proprio posto nel magico movimento, per scomparire con una rapidità pari a quella con cui erasi mostrato.

Questo meraviglioso incantesimo prolungossi per buona parte del giorno, poi la brezza del settentrione sollevò le acque, e tutta la scena scomparve col suo primo soffio senza lasciar più traccia.

Per tal modo il miraggio producesi con differente intensità sotto qualsiasi latitudine. Abbiamo visto più sopra che il miraggio laterale si ripete con bastante frequenza a Parigi nelle giornate calde, e che anche il miraggio superiore, benchè più raro, vi è stato osservato.

Quando, invece di prodursi negli strati piani e regolari, le rifrazioni e le riflessioni compionsi in istrati curvi ed irregolari, si ha un miraggio in cui le imagini sono sformate in tutti i sensi, incomplete

o ripetute parecchie volte, e lontane le une dalle altre a considerevole distanza. Ciò è quanto accade nella fantastica visione aerea altre volte attribuita ad una fata, la *Fata Morgana*, che attira bene spesso il popolo sulla riva del mare a Napoli ed a Reggio. Il fenomeno ha luogo specialmente di mattina allo spuntare del giorno, quando regna una tranquillità completa.

Sopra un'estensione di parecchie leghe, il mare che costeggia la Sicilia piglia l'aspetto d'una catena di montagne oscure, mentre le acque dalla parte della Calabria restano perfettamente liscie. Al disopra di queste vedesi dipinto in chiaroscuro un filare di parecchie migliaja di pilastri tutti eguali d'altezza, in distanza, e uguali pure per luce e per ombra. In un batter d'occhio quei pilastri perdono talora metà della loro altezza e sembrano ripiegarsi in arcate ed in vòlte come gli acquedotti dei Romani.

Spesso vedesi anche una lunga cornice formarsi sulla vetta e si scorge un'infinita quantità di castelli tutti simili affatto. In breve questi si confondono e formano torri che scompajono del pari, per non lasciare più vedere che un colonnato, poi delle finestre e finalmente dei pini, dei cipressi che ripetonsi pure gran numero di volte.

Codeste apparenze fantastiche furono vedute con stupore a prodursi non ha guari in Iscozia presso la stessa Edimburgo, il 16 e il 17 giugno 1871, vigilia di un formidabile temporale.

Questa è al certo una fra le più singolari specie di miraggio che si possano vedere.

CAPITOLO IX.

Stelle filanti.

BOLIDI, AEROLITI, PIETRE CADENTI DAL CIELO.

Certo non v'è alcuno fra i miei lettori che non sia stato più d'una volta colpito d'ammirazione o da stupore, vedendo, in mezzo alla profonda pace d'una bella notte stellata, una stella distaccata dai cieli, scivolare sulla vòlta celeste e spegnersi senza rumore. Forse alcuni lettori di queste pagine hanno avuto il privilegio molto più raro di vedere non solo una *stella filante,* ma un fenomeno più brillante e che talvolta è di effetto sorprendentissimo: il passaggio di un *bolide* infiammato che attraversa rapidameate lo spazio, spandendo da ogni parte una luce scintillante, globo di fuoco che lascia dietro di sè una traccia luminosa e talora scoppia con un'esplosione simile a quella di razzo colossale con un rimbombo che pareggia quello del cannone. Fors'anche alcuni, per un caso più fortunato ed ancora più raro, hanno potuto raccogliere un frammento dell'esplosione di un bolide, un corpo caduto dal cielo, un *aerolito* o pietra scesa dalle altezze dell'atmosfera.

Ecco tre fatti distinti e che sembrano tuttavia legati fra di loro per rapporto di origini. I progressi compiutisi da qualche anno nello studio particolare di queste meteore c'invitano a studiarle noi stessi separatamente, ed occuparci innanzi tutto delle stelle filanti, poi dei bolidi, finalmente degli aeroliti come terzo oggetto di questo capitolo speciale.

Il primo punto da esaminarsi nello studio delle stelle filanti è la misura dell'altezza alla quale si mostrano. Due osservatori, posti in due punti lontani l'uno dall'altro, constatano entrambi il tragitto di una stella filante fra le costellazioni. La linea non è assolutamente la stessa per tutte e due a cagione della prospettiva. Calcolando la differenza, si ottiene l'altezza. Gli è così che fin dall'anno 1798 avevano già operato due studenti tedeschi: Brandes e Bezemberg. Dalle ultime ricerche fatte su tal punto da Alessandro Herschel (nipote del celebre William Herschel), dal prefessore Newton, da Newhaven, il quale è preci-

samente a Parigi nel momento in cui scrivo questo capitolo e mi ha testè messo a parte dei suoi ultimi risultati, e dal professore P. Secchi direttore dell'Osservatorio di Roma, concludesi che l'altezza media di una stella filante è di 120 chilometri al principio del suo apparire e di 80 chilometri o 20 leghe alla fine del suo passaggio visibile.

La velocità varia dai 12 fino ai 70 chilometri al secondo.

Non tutte le notti dell'anno si rassomigliano quanto al numero delle stelle filanti. Dalle osservazioni fatte risulta che in questo numero sonvi periodicità annuali, mensili e diurne.

Fin dal secolo scorso sono stati notati i grandi flussi di stelle filanti.

Fig. 90. — Pioggia di stelle filanti.

Brandes riferisce che il 6 dicembre 1798, recandosi a Brema in una carrozza pubblica, ne contò 480 da una delle aperture della diligenza, onde egli è d'avviso che durante la notte ne saranno comparse nel cielo almeno 2000.

Nel mese di novembre 1799, nella notte dall'11 al 12, A. di Humboldt e Bonpland assistettero a Cumana (America) ad una vera pioggia di stelle filanti. Bonpland dichiara non esservi stato allora nel cielo uno spazio di un'estensione uguale a tre diametri della luna che non lo si vedesse ad ogni momento riempito di stelle filanti. Gli abitanti di Cumana erano spaventati da tale fenomeno; i vecchî però ricordavansi che erasene presentato uno analogo nel 1766, accompagnato da terremoto.

Questa pioggia di stelle della fine dello scorso secolo era un po' dimenticata, quando una nuova caduta venne osservata in America il 13 novembre 1833. Il professore Olmsted di Newhaven porta a più di 200 000 il numero delle stelle filanti comparse in certi luoghi nella notte dal 12 al 13 novembre.

Olmsted presentò pel primo l'osservazione che la grande comparsa del novembre doveva essere periodica e riprodursi tutti gli anni alla stessa epoca. Infatti si constatò ogni anno verso il 12 e il 13 novembre un aumento molto considerevole nel numero delle stelle filanti che mostravansi in cielo; ma ciò era ben lungi dal riprodurre lo straordinario fenomeno vedutosi in America nel 1833. L'astronomo Olbers scriveva a tal proposito, nel 1837: « Forse dovremo aspettare fino al 1867 prima di vedere rinnovarsi il magnifico fenomeno che si offerse ai nostri sguardi nel 1799 e nel 1833. » La predizione ardita l'abbiamo veduta avverarsi interamente coll'anticipazione di un anno, cioè nel 1866.

Dall'insieme delle osservazioni risulta in primo luogo che il numero delle stelle filanti che compajono abitualmente in tutta l'estensione del cielo visibile, nello spazio di un'ora, è in media di 10 o 11. Ora, al momento del maximum del 12 e 13 novembre, questo numero orario eguale a 50 nel 1834, è progressivamente scemato di anno in anno per ridursi a 36 nel 1839, a 20 nel 1844 a 17 nel 1849; tre o quattro anni dopo, il maximum è scomparso per cedere il posto ed un'apparizione, la quale rientra nelle condizioni ordinarie di 10 o 11 all'ora. Le cose sono rimaste in tale stato fino al 1863, anno in cui si è manifestato un maximum di 37; e, crescendo l'anno appresso a 74 per ora, esso ha servito così di precursore alla grande comparsa del 1866, colla quale si è avverata la predizione di Olbers.

Un altro maximum verificossi il 10 agosto ed è stato osservato dal signor Quételet fino dal 1837. Il numero orario massimo di stelle filanti è stato allora 59. Questo numero si è inalzato progressivamente a 72 nel 1841, a 85 nel 1845, e fino a 110 nel 1848; in appresso è diminuito a poco a poco di anno in anno per ridursi a 38 nel 1859; dopo ha subito alternative d'aumento e di diminuzione che l'hanno fatto variare tra 37 e 67.

Ecco dunque una variazione *annuale* ben provata in tali flussi periodici. Le osservazioni di Coulvier Gravier stabiliscono l'esistenza di una variazione *mensuale*. Il numero delle stelle filanti è maggiore in autunno che in primavera.

Havvi pure una variazione *diurna*. I numeri orarî vanno aumentando dalle 6 ore di sera alle 6 del mattino, nella proporzione del semplice al doppio.

Veggonsi stelle filanti in tutte le parti del cielo; ma se esaminasi l'orientazione dei punti da cui sembra esse vengano, si trova che le

diverse parti dell'orizzonte non ne forniscono quantità eguali. V' è inoltre sotto questo rapporto una variazione designata col nome di variazione azimutale, la quale fu fatta conoscere completamente da osservazioni registrate con ogni cura. Viene un numero molto maggiore di stelle filanti dall' est che dall' ovest, e ne vengono presso a poco altrettante dal nord che dal sud.

Siffatte variazioni si spiegano col movimento della terra in mezzo ad uno spazio nel quale circolerebbe in tutti i sensi un numero considerevole di corpuscoli (1).

Per renderci conto della natura di questi flussi di stelle, alla teoria spiegativa che precede, importa ora d' aggiungere che codesti piccoli corpi erranti non ci vengono indistintamente da tutte le regioni dello spazio. Sonvi direzioni particolari, segnalate dai flussi periodici.

Nei momenti massimi, verso il 12 ed il 13 novembre e verso il 9 e il 10 agosto, le stelle filanti, invece di venire indifferentemente da qualsiasi regione dello spazio, vengono quasi tutte da direzioni determinate : le une, quelle di novembre, partono dalla costellazione del *Leone*, le altre, quelle di agosto, emanano dalla costellazione di *Perseo.*

Quali sono le vie che segnano nello spazio questi flussi periodici di cui fu constatata l' esistenza?

La loro velocità è quella delle comete che arrivano dalle profondità dello spazio, e la loro orbita ha potuto egualmente essere assomigliata alle orbite delle comete.

Il professore Schiaparelli, direttore dell' Osservatorio di Milano, ha cercato di determinare gli elementi che caratterizzano la parabola seguita dalla corrente del 10 agosto Poi ha paragonato tali elementi astronomici a quelli delle orbite delle diverse comete. Per tal modo ha potuto stabilire un confronto affatto inatteso tra l' orbita delle stelle filanti del 10 agosto e quella della gran cometa apparsa nel 1862.

Supponendo che ogni 108 anni tali meteore abbiano un massimo di frequenza che non sia tanto subitaneo nè di sì breve durata quanto quello di novembre, ma che duri 20 o 30 anni, questo periodo si accorda colla durata della rivoluzione della gran cometa del 1862, e potrebbe essere considerato come quello dei ritorni successivi della cometa al suo perielio.

Il periodo di ritorno delle grandi apparizioni del novembre, indicato da Olbers fino dal 1837, confermato nel 1866, poteva essere fissato a 33 anni e 1[4. Tracciando un ellisse il cui asse maggiore corrisponda a questa durata intorno al sole, trovasi che tal lurata di rivoluzione è la stessa di quella della cometa di Tempel.

---

(1) Vedi la spiegazione astronomica alla nota VI dell'Appendice.

Uno sciame di stelle filanti osservato il 10 dicembre descrive nello spazio la stessa ellisse della famosa cometa di Biela, e lo sciame di stelle filanti osservato il 20 aprile muovesi lungo l'orbita della prima cometa del 1862.

Simili risultati hanno gettato una gran luce sulla questione delle stelle filanti. La cometa che segue nello spazio lo stesso cammino percorso da uno sciame dev'essere considerata come parte integrante dello sciame medesimo; essa non è altro che una concentrazione locale della materia di esso, concentrazione sufficientemente intensa perchè l'am-

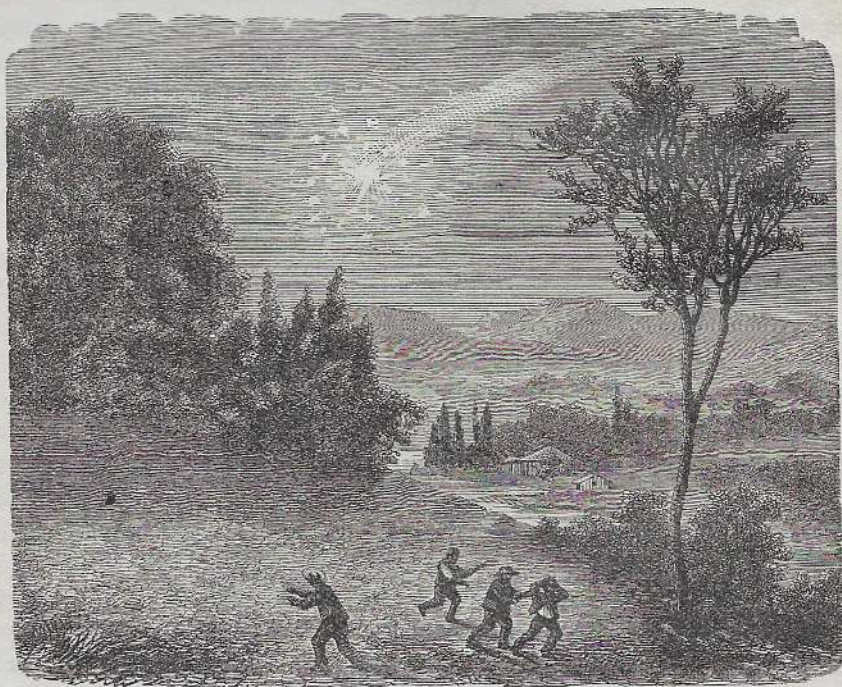



Fig. 91. — Caduta di un bolide durante il giorno.

masso di materie che forma sia visibile anche a grandi distanze dalla terra. In quella teoria le stelle filanti sono della stessa natura delle comete: consistono in piccoli oggetti nebulosi, i quali si muovono nello spazio senza che noi possiamo scorgerli a motivo della loro piccolezza, e che per noi diventano visibili solo *allorquando penetrano nell' atmosfera* della Terra. Al pari delle comete, essi appajono allo stato di *gas*.

Nel medesimo tempo che l'astronomo italiano pubblicava le conclusioni precedenti, Le Verrier, a Parigi, giungeva agli stessi risultati per altra via. Secondo lui, lo sciame delle stelle filanti del novembre è stato costituito nella sua forma cometaria attuale da una perturbazione

esercitata da Urano sopra di esso l'anno 126 dell'èra nostra. La teoria generale delle stelle filanti è ancora lungi dall'essere completa, e l'Associazione scientifica di Francia ha fatto un riassunto di osservazioni, il quale già fornisce alla scienza risultati importanti.

Tali sono le cognizioni attuali sulle orbite di stelle filanti che tagliano l'orbita della terra in varî punti del suo corso.

Parlamo ora dei *Bolidi*.

Se le stelle filanti sono gasose, sarebbevi un essenziale distinzione tra esse e i bolidi, chè il maggior numero di questi sono certamente solidi.

Per dare un' idea del fenomeno meteorico dell' esplosione d' un bolide,

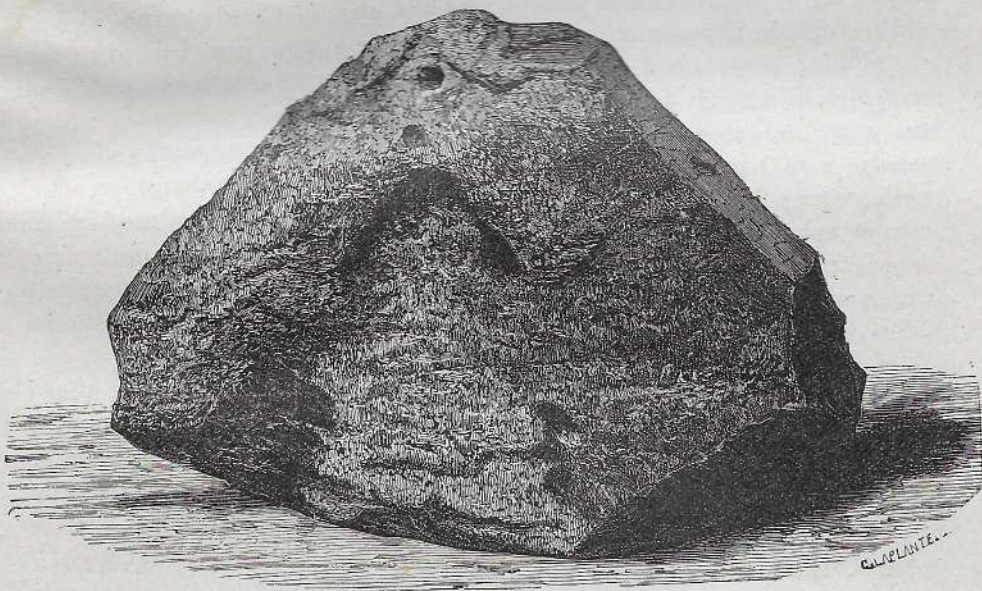



Fig. 92. — Aerolito di Caille, del peso di 625 chilogrammi.

citerò, fra le cadute più recenti, una avvenuta di giorno ed una avvenuta di notte, entrambe nell'anno 1868.

Ecco innanzi tutto la caduta di giorno. Siamo nel circondario di Casale, in Piemonte, il 29 febbrajo; il cielo è parzialmente nuvoloso, e sono le dieci e mezzo del mattino. D'improvviso odesi una forte detonazione, che si potrebbe paragonare alla scarica di un cannone di grosso calibro od anche allo scoppiar d'una grossa mina. Essa è seguita, dopo l'intervallo di due secondi, da altra detonazione risultante da due detonazioni distinte, le quali si succedettero in modo che la seconda sembrava fosse la continuazione od il prolungamento della prima. Quelle detonazioni furono sentite fino ad Alessandria, cioè alla distanza di più

di 32 chilometri. Il fragore durava ancora, quando si scorse, ad altezza notevole al disopra del suolo, una massa di forma irregolare ed avvolta in un'atmosfera di fumo, sì che assomigliava ad una piccola nube. Essa lasciavasi dietro una lunga striscia di fumo; altre persone videro distintamente, e a grande altezza, non una, ma diverse macchie simili a piccole nubi, le quali disparvero tosto. Ad un tratto alcuni contadini che attendevano ai loro lavori, videro parecchî massi cadere a precipizio, e intesero il fragore che questi facevano battendo sul suolo. Tutti i testimonî che si sono potuti interrogare hanno affermato a voce unanime che il numero di quei massi era considerevole, e che dovettero dar occasione ad una vera pioggia d'aeroliti d'ogni misura. Varî paesani occupati a tagliare alberi in un bosco, situato a 1200 metri da Villanova, sulla strada maestra che da Casale mena a Vercelli, dopo le detonazioni videro cadere come una grandine di grani di sabbia; anzi uno di quei frammenti, di discreta grossezza, cadde sul cappello di uno di loro. Gli aeroliti trovati sul suolo consistono: 1.° in un pezzo del peso di 1920 grammi, precipitato in un campo di frumento, a 600 metri al sud-est di Villanova, e sprofondatosi metri 0,40 nella terra; 2.° in un pezzo del peso di 6700 grammi, caduto in un campo appena seminato al nord di Villanova, a 2350 metri dal primo, e penetrato nel suolo metri 0,37; 3.° in numerosi minuzzoli in cui s'è frantumato un terzo pezzo cadendo davanti ad un albero di Motta dei Conti a 3150 metri dal primo e a 3240 dal secondo.

La caduta avvenuta la notte ci completerà ora l'idea di questi effetti singolari. Siamo nei Bassi Pirenei, nel circondario di Mauléon, il 7 settembre 1868, alle ore 2.30 antimeridiane. In un subito il cielo s'illumina per l'effetto di una meteora che offre l'apparenza d'una palla incandescente, la quale lasciasi dietro una lunga striscia di fuoco; spande una viva luce d'un verde pallido; la sua durata si calcolò dai 6 ai 10 secondi. Innanzi di sparire, scoppia projettando frammenti infiammati e lasciando al suo posto una leggiera nube biancastra che persiste alcun tempo. Tale apparizione fu seguìta da un rumore continuo simile al lontano rombo del tuono, poi da tre o quattro detonazioni di eccessiva violenza, che furono intese in punti distanti gli uni dagli altri più di 80 chilometri. Dopo tali detonazioni, gli abitanti di Sanguis Saint-Étienne udirono uno stridente rumore pari a quello prodotto da un ferro arroventato che s'immerga nell'acqua, quindi un colpo sordo indicante la caduta di un corpo solido sul suolo. Un corpo solido era infatti caduto a Sanguis, ed aveva toccato terra a 30 metri all'incirca dalla chiesa nel letto di un piccolo ruscello. Esso vi si era completamente frantumato, a segno tale che i più grossi frammenti misuravano appena 5 centimetri di lunghezza. Questa caduta è stata constatata da due uomini che, già in ritardo, prolungavano ancora il loro colloquio davanti

alla porta d'uno di essi; spaventati dalle detonazioni e dal fischio, si sono sdrajati per terra ed hanno veduto il sasso cadere lontano una ventina di metri. Il peso di codesta pietra può essere valutato di tre a quattro chilogrammi.

I due esempî da me scelti framezzo a un numero grande di casi simili, danno una sufficiente idea di siffatte cadute dal cielo, una volta considerate come favolose. Non è più di mezzo secolo che vi si crede e che il fatto è stato scientificamente constatato.

In opposizione alle stelle filanti, che si spengono e si perdono nelle regioni superiori, i bolidi attraversano dunque tutti gli strati atmosferici e vengono anche spesso a toccare la superficie della terra. Ciò fa sì che il fenomeno luminoso da cui sono accompagnati prende agli occhî nostri un'intensità ancora maggiore, perchè le regioni in cui si produce sono più vicine. Ma veduti in grande lontananza, i bolidi devono presentarci apparenze identiche a quelle delle stelle filanti.

Quand'essi penetrano così, attraverso gli strati atmosferici, accade spesso un'esplosione semplice o multipla, seguita in moltissimi casi dalla caduta di frammenti del bolide, staccati dalla sua massa pel fatto dell'esplosione. I bolidi sono dunque corpi solidi al pari dei frammenti che se ne staccano.

Ora, si sono trovate, per le orbite descritte dai bolidi nei loro movimenti rapporto alla terra, delle ellissi di ristrettissime dimensioni, le quali, conducevano a non vedere nei bolidi altro che dei satelliti della terra, visibili soltanto durante il loro passaggio attraverso l'atmosfera (vedi in merito di ciò le ricerche di Petit, di Tolosa); ora, al contrario, si sono trovati per queste orbite degli archi d'iperbole quasi rettilinei percorsi con velocità considerevole, il che avrebbe per iscopo di far ammettere che i bolidi, animati da simili movimenti, verrebbero dagli spazî stellari, da cui sarebbero partiti con velocità egualmente grandissima.

Gli *aeroliti* sono minerali caduti dal cielo sulla terra, e provenienti dall'esplosione d'un bolide. Se si vogliono toccare queste pietre subito dopo la caduta sulla terra si trovano brucianti; ma si raffreddano con grande rapidità, il che prova come la temperatura un po' elevata riscontrata in essi alle prime sia affatto superficiale e non si estenda alla intiera massa.

Quanto alla loro forma, non è nè quella delle palle, più o meno perfetta, nè quella dei pezzi a superficie arrotondata, ma piuttosto quella dei poliedri rozzi a faccie ed a spigoli, più o meno irregolari. Le parti presso a poco piane della loro superficie presentano spesso concavità analoghe a quelle prodotte dalla pressione di un corpo rotondo sopra una materia allo stato pastoso. Sono d'altronde ricoperte dovunque da una crosta nera, di solito fosca, e talvolta lucida come vernice, il cui

spessore non giunge ad un millimetro. La luce che manifestasi nel movimento dei bolidi è dovuta soltanto *al calore sviluppato dalla compressione dell'aria.*

Vediamo come possano avvenire i fenomeni d'esplosione e di cadute d'aeroliti che ne sono spesso la conseguenza.

La compressione enorme dell'aria scacciata dal bolide non può aver luogo senza che quest'aria reagisca sulla parte anteriore della superficie del corpo stesso ed eserciti su di essa una pressione considerevole. Attribuendo al bolide una velocità di 7 chilometri ogni secondo, il che è lungi dall'essere esagerato, Haidinger calcola a più di 22 atmosfere la pressione resistente che tal bolide prova da parte dell'aria. Simile pressione tende evidentemente a schiacciare il corpo che ne è l'oggetto; e se questo corpo, in virtù della sua forma o della sua costituzione intima più o meno irregolare, presenta delle parti che danno maggior agio del resto alla efficacia di pressione sì grande, queste possono cedere e staccarsi bruscamente dalla massa del bolide. Lanciate, come abbiamo detto, dalla espansione dell'aria compressa, e ciò in senso contrario al movimento ch'esse dividevano alcuni istanti prima col resto della massa del bolide, tali parti frammentarie perdono quasi completamente la notevole velocità da cui erano animate, od arrivano alla superficie della terra con velocità ancora considerevolissime, è vero, ma che sono semplicemente quelle de' corpi cadenti da grande altezza.

Noi siamo indotti a riguardare i bolidi come avessero una certa comunanza di vita e di origine coi pianeti che circolano in sì gran numero intorno al sole e come facessero parte probabilmente essi medesimi del nostro sistema planetario. Per altro, la scoperta fatta in questi ultimi tempi d'un numero considerevole di pianeti di dimensioni eccessivamente piccole, ci fa credere ne esista una moltitudine di altri ancor più piccoli, i quali sfuggono all'osservazione.

Di faccia alle gravi difficoltà che s'incontrerebbero attribuendo ai bolidi un'origine puramente terrestre, erasi ammessa da molto tempo l'idea ch'essi potrebbero benissimo non essere altro se non pietre lanciate verso la terra dai *vulcani della luna*. Siffatta idea era stata ripresa e sviluppata, nel 1795 da Olbers, poi al principio di questo secolo da Laplace, Lagrange, Poisson, Biot; ma serie objezioni e di vario genere non hanno tardato a presentarsi contro tal maniera di vedere, sicchè si è finito coll'abbandonarla, e coll'adottare, secondo Chladni, il sistema consistente nel considerare i bolidi come corpi erranti liberamente nello spazio, e che di quando in quando penetrano nell'atmosfera della terra.

Comunque sia della parte che rappresentano realmente i bolidi nell'universo, la possibilità che abbiamo d'esaminare i frammenti che essi ci abbandonano passando di qui è per noi preziosissima a motivo dei

dati che possiamo cavarne sulla costituzione e la natura intima dei corpi estranei al globo da noi abitato. E però i naturalisti si danno molto pensiero, specialmente da alcuni anni in qua, di raccogliere da ogni parte le pietre cadute dal cielo nel momento delle esplosioni dei bolidi; e formansi collezioni di questa categoria speciale di roccie, alle quali, per distinguerle dalle roccie terrestri, si dà la denominazione di meteoriti. Sonvi, in diverse località, belle ed importanti collezioni di tal genere. Citeremo, fra le altre, quella del Museo di Storia naturale di Parigi, quella del Museo Britannico a Londra, quella del Museo mineralogico a Vienna. La collezione di Parigi conta attualmente campioni di 240 cadute, cioè quasi della totalità delle cadute che si conoscono, poichè il numero di quelle che vengono rappresentate nelle diverse collezioni non oltrepassa il 255.

Spiegasi facilmente che varî incendî possono essere appiccati dalle cadute d'aeroliti e non si dura fatica a comprendere come, sul gran numero di cadute, parecchî uomini siano stati direttamente uccisi. Contansi quattordici persone morte in tal modo.

Le più grosse pietre cadute dal cielo sono le seguenti:

L'aerolito caduto a Juvénas (Ardesia), il 15 giugno 1821; esso pesa 92 chilogrammi senza contare i frammenti che se ne sono staccati.

L'aerolito trovato al Chilì, tra il Rio Juncal e Padernal, nell'alta Cordiliera d'Atacama. Esso pesa 104 chilogrammi, ha la forma di cono e misura 48 centimetri di lunghezza su 20 di diametro. I minatori l'hanno trasportato sui loro muli: lo avevano preso per un pezzo d'argento. Si è potuto ammirarlo all'Esposizione universale del 1867.

La pietra meteorica di Murcia, che appartiene al Museo delle Scienze naturali di Madrid, pesa 114 chilogrammi.

L'aerolito che cadde nel 1492 a Ensisheim (alto Reno), sotto gli occhi di Massimiliano I re dei Romani, pesa 138 chilogrammi. Esso si è sprofondato 5 piedi nel suolo; fu a lungo venerato nella chiesa come oggetto miracoloso.

L'aerolito caduto il 25 dicembre 1869 a Murzuk latitudine 26° N., longitudine 12° E. di Parigi, in mezzo ad un gruppo di arabi molto spaventati, deve pesare ancora di più, poichè ha un metro di diametro.

Ma nessuno peranco uguaglia quelli che descriviamo:

L'aerolito di Caille (Alpi marittime), che serviva di panchina alla porta della chiesa, ed è ora al Museo, pesa 625 chilogrammi. Lo rappresenta la fig. 92.

L'aerolito caduto nel 1810 a Santa Rosa (Nuova Granata), nella notte dal 20 al 21 aprile, pesa 750 chilogrammi. Quando fu scoperto era quasi per intero sprofondato nel suolo per la forza della caduta.

Infine, tra le pietre cadute dal cielo e conosciute finora, la più gigantesca è l'aerolito portato dalla campagna del Messico, e che non pesa meno di *settecentottanta chilogrammi*. Esso esisteva a Charcas da tempo immemorabile. La sua forma è quella d'un tronco di pira-

mide triangolare, alto un metro su 47 centimetri. È un rispettabile campione del mondo che ce lo ha spedito.

Da centinaja di analisi de' chimici più eminenti, risulta che i meteoriti non hanno presentato alcun corpo semplice estraneo al nostro globo. Gli elementi stativi riconosciuti con certezza fino ad oggi sono in numero di 22. Eccoli, presso a poco, secondo la loro quantità:

Il ferro ne costituisce la parte dominante; vengono poi:

Il magnesio; — il silicio; — l'ossigeno; — il nichelio, che è il principale compagno del ferro; — il cobalto; — il cromo; — il manganese; — il titanio; — lo stagno; — il rame; — l'alluminio; — il potassio; — il jodio; — il calcio; — l'arsenico; — il fosforo; — l'azoto; — il solfo; — traccie di cloro; e infine carbonio e idrogeno.

Le roccie che presentano tali caratteri di somiglianza coi meteoriti appartengono tutte alle regioni profonde del globo.

Dallo studio degli aeroliti, e specialmente dall'esame comparativo delle loro densità, il signor Daubrée ha potuto (*Giornale degli scienziati*, maggio 1870) ristabilire teoricamente il pianeta spezzato di cui essi pajono frammenti, poichè in certo modo ne rappresentano il nocciolo frantumato (densità da tre ad otto), e nulla della scorza esterna. Tali considerazioni inducono a vedere in questo stato frammentario l'ulteriore destino d'ogni pianeta, allorquando più non esistono nel suo seno le condizioni della vita, il calore e l'umidità. Ond'è che nel nostro sistema planetario avremmo i documenti della vera storia universale. Il sole rappresenta il periodo d'incandescenza primitiva, la terra il periodo del regno della vita, la luna rappresenta la decadenza, e gli aeroliti la fine dei mondi.

CAPITOLO X.

La luce zodiacale.

Per compiere il panorama dei fenomeni ottici del cielo, rivolgeremo ora la nostra attenzione alla luce notturna che illumina vagamente le altezze dell'atmosfera in certe notti trasparenti. Al par di quella delle stelle filanti e dei bolidi, la sua origine viene dalle profondità dello spazio, e la sua spiegazione appartiene già all'astronomia; ma rivelandosi nel nostro cielo, questa luce meteorica c'invita ad esaminarla un istante.

Dopo il tramonto del sole nei mesi di gennajo, febbrajo, marzo ed aprile, e prima dello spuntare di tale astro nel mese di novembre, la vòlta celeste presenta talvolta una fascia di luce inclinata verso l'orizzonte e stesa nello zodiaco, ossia nella strada apparente che il sole, in virtù del suo annuale spostamento, ne sembra tracci sul cielo. Tal luce non è stata notata dagli antichi, e la scoperta ne è dovuta a Childrey, il quale ne parla nella sua *Storia naturale d'Inghilterra*, pubblicata verso il 1659. Ma le prime indagini scientifiche su questo fenomeno non risalgono che al 1683, e vanno attribuite a G. D. Cassini

Quando la luce zodiacale comincia ad apparire, alla sera dopo il tramonto del sole, si frammischia vicino all'orizzonte alle ultime traccie dei bagliori crepuscolari, e la riunione di queste due luci offre l'aspetto di un triangolo isoscele a lati convessi. Questo triangolo inclinato, almeno nei nostri climi, ha l'ipotenusa sull'orizzonte e il vertice a una certa altezza al disopra.

Verso l'equatore, siffatta luce perde rapidamente il suo aspetto triangolare di mano in mano che scompajono le ultime traccie del crepuscolo, e quando è giunta la notte oscura distinguesi una fascia di luce che fa l'intero giro del cielo e che rende, per così dire, luminoso lo zodiaco. Talvolta questa fascia è visibile, senza interruzione, dal tramonto fino al levar del sole. Le parti più vicine al posto del sole superano in splendore l'intensità della via lattea; le altre parti sono deboli, e se si scorgono nella zona intertropicale, è in grazia della gran limpidezza dell'atmosfera in quelle regioni.

La luce tropicale, quando si può vederla bene, come nella zona intertropicale, è uno dei più bei fenomeni celesti. È bianchissima.

Alcuni osservatori in Europa hanno creduto riconoscerle qualche volta una tinta rossastra. Cotesta tinta non ha nulla di reale; se esistesse sarebbe tra i tropici dove meglio la si vedrebbe, giacchè la colorazione diventa sempre più sensibile coll' intensità. Si sono confuse con essa le ultime traccie del crepuscolo. Sotto i tropici stessi, nei mesi di gennajo e di febbrajo pel tropico del Cancro, essa rizzasi perpendicolarmente all' orizzonte. Allora, quando è notte escura, si vede inalzarsi all'occidente una bella colonna bianca verticale, il cui asse centrale uguaglia e supera anzi in intensità le più brillanti parti della via lattea. Sui margini di questa colonna la luce va confondendosi dolcemente col debole chiarore del cielo. Essa distinguesi in ciò dalla via lattea, i cui margini presentano in certi punti un' opposizione notevole di luce col fondo generale, come nel buco nero della posizione del suddetto sacco di carbone.

D'estate essa non è visibile in Europa. Ciò dipende dalla sua posizione inclinata sull' orizzonte sud, che rasenta allora la parte di zodiaco visibile di notte e dalla lunghezza dei crepuscoli. È in febbrajo che le condizioni della sua comparsa sono maggiormente riunite. Nelle contrade calde, la poca durata dei crepuscoli e la posizione sempre elevata dell' eclittica permettono di osservare il fenomeno tutto l' anno. Sonvi tuttavia dei periodi di bellezza massima, corrispondenti sempre alle posizioni del sole, per le quali lo zodiaco, dopo il tramonto o prima della levata di quest' astro, si scosta dall' orizzonte in maniera d' avvicinarsi quanto più è possibile allo zenit.

Le osservazioni del Cassini e del Mairan, che hanno veduto talora la luce zodiacale a più di 100° dal sole, avevano da lungo tempo indicato che questo fenomeno si estende di là dall' orbita terrestre.

Anche Humboldt e Brossen avevano notato una rete luminosa che univa il fenomeno dell' Est con quello dell' Ovest.

Quale è la natura di siffatta nebulosità? Varî astronomi hanno pensato ch' essa non sia che l' atmosfera solare, la quale si estenderebbe ad immensa distanza nel senso del suo equatore. Partendo da considerazioni geometriche, Laplace ha dimostrato tale ipotesi non essere ammissibile, e non potere l' atmosfera del sole estendersi oltre il limite a cui la forza centrifuga dovuta alla rotazione farebbe principio all'attrazione di quell' astro. Ne' miei calcoli, relativi alla legge del moto di rotazione dei corpi celesti, ho trovato che la forza centrifuga sviluppata dalla rotazione del sole uguaglia la pesantezza delle ultime particelle atmosferiche verso di lui ad una distanza pari a 36 volte il suo raggio. È matematicamente impossibile che l' atmosfera solare si estenda al di là. Non è la metà della distanza da Mercurio al Sole, e non è che la 6.ª parte della distanza a cui gravita la terra, chè noi siamo lontani 214 volte il raggio dell' astro gigante scoche ne illumina. Dunque

la luce zodiacale che estendesi oltre l'orbita terrestre non è un' atmosfera del Sole.

Tutte le luci riflesse hanno acquistato le proprietà particolari alla polarizzazione; eppure tali proprietà possono essere dissimulate nel caso in cui la riflessione non provenga da un gas o da una superficie

Fig. 93. — La luce zodiacale.

continua, ma da una serie di particelle distinte come nelle nubi, che sono composte di globuli d' acqua.

Siccome la luce zodiacale non è polarizzata, ne risulta o che non è riflessa e viene direttamente da una materia luminosa per sè medesima, oppure, se proviene dal Sole, ch' essa è prodotta dalla riflessione della luce di codesto astro per effetto d' una moltitudine di corpuscoli senza veruna connessione fra loro, ma obbedienti come qualsiasi materia alle leggi della gravitazione universale, ossia che circolano intorno al Sole descrivendo orbite ellittiche come i pianeti o le comete. Ora se la luce zodiacale provenisse da una materia luminosa per sè stessa, la proprietà

d'essere luminosa non impedirebbe a tale sostanza di riflettere inoltre una quantità di chiarore solare, cosicchè scorgerebbonsi traccie di polarizzazione nella luce zodiacale, dal momento ch'essa non sarebbe composta di corpuscoli distinti. Dunque, in tutti i casi, noi possiamo riguardare come un fatto dimostrato ch'essa è dovuta a corpuscoli senza connessione fra loro, e circolanti giusta le leggi della gravitazione intorno al Sole che illumina. Considerata la debole intensità del chiarore che spandono, è poco probabile possiedano anche una luce propria.

Abbiamo veduto nel precedente capitolo che turbini di piccole masse gasose circolano intorno al Sole, e danno origine alle stelle filanti, quando incontrano il pianeta terrestre sul loro passaggio. Abbiamo parimenti veduto che i bolidi e gli aeroliti porgono la testimonianza evidente e palpabile dell' esistenza d' una quantità di materiali cosmici in frammenti minutissimi, disseminati nello spazio planetario. Riunendo questi diversi dati dell'astronomia contemporanea, giungiamo a pensare che il sistema planetario non si componga solamente dei grandi corpi celesti cui siamo avvezzi a considerare, ma altresì di corpi innumerevoli circolanti intorno al Sole secondo l'ellissi di Keplero, e distribuiti specialmente nel senso dello zodiaco come i corpi principali. La migliore ipotesi che oggi possiamo dare intorno alla luce zodiacale è quella adunque di vedere in essa l'imagine degli innumerevoli corpuscoli che gravitano nel piano zodiacale come un'immensa nebulosità lenticolare.

Il mio collega ed amico E. Lias, il quale, dieci anni sono, prima della teoria cometaria delle stelle filanti, aveva indicato questa probabile connessione, aggiungeva, dietro l' avviso di Mayer e di altri celebri fisici, che tal luce avrebbe un'importanza ancor maggiore, poichè sarebbe nientemeno che la causa del calore e della luce del Sole. Alcuni dei corpuscoli di cui è composta cadrebbero continuamente alla superficie di quest'astro, in conseguenza dell'azione dei pianeti che li dividerebbero dalle loro orbite. Colà la loro velocità si annienterebbe trasformandosi in calore, come accade sempre negli sfregamenti che distruggono la velocità. Riscaldata da tali cadute, l'atmosfera solare raggiungerebbe una temperatura che la renderebbe luminosa specialmente nella sua regione media. È infatti in questa regione media che opererebbesi la maggior distribuzione di moto, poichè gli strati superiori, attesa la loro debole densità, si riscalderebbero ad un grado minimo, e gli strati inferiori non riceverebbero se non corpuscoli già ridotti in polvere o in vapore, e la cui velocità sarebbe stata quasi completamente annientata nella regione media.

Codesta teoria spiegherebbe anche il perchè il sole è più caldo al suo equatore che a' suoi poli, chè la luce zodiacale forma un anello schiacciato, la cui grande dimensione coincide quasi col piano dell'equatore solare.

La stessa teoria spiega pure facilmente la periodicità delle macchie

solari. Infatti i corpuscoli della luce zodiacale, obbedendo alle leggi della gravitazione, non possono cadere nel sole se non per effetto delle loro planetarie perturbazioni. Devono dunque esistere nelle loro cadute periodi dipendenti dalle rivoluzioni di tutti i pianeti, e specialmente da quella del più potente di essi, Giove. Questa variazione periodica delle cadute dà luogo ad una variazione simile della quantità di calore prodotto, e quindi ad una periodicità di macchie oscure e delle macchie luminose, — periodicità di undici anni circa.

D'altra parte, i corpuscoli, entrando nell' atmosfera solare, debbono svilupparvi dell'elettricità, in conseguenza dei loro sfregamenti contro le particelle solide o liquide della fotosfera: il che spiega la curiosa relazione osservata fra il periodo delle macchie del sole e quello delle diurne variazioni della bussola sulla superficie terrestre, variazioni derivanti dal magnetismo solare.

È possibile che gli aeroliti, in numero di miliardi di miliardi distribuiti in tutta l'estensione del sistema planetario, e principalmente nel piano generale del movimento, ossia nel piano dello zodiaco, è possibile, dico, che gli aeroliti, i bolidi, le stelle filanti, corpuscoli solidi qua, liquidi là, gasosi più lungi, non formino che una medesima specie generale dei corpi celesti frammentarî; che la zona nella quale gravitano principalmente ci si manifesti per mezzo della vaga riflessione della luce solare e costituisca la luce zodiacale, e che cadendo sull' astro luminoso, questi corpuscoli siano l'origine delle macchie e servano a conservare il calore dell'immenso fuoco, acceso indubbiamente da una forza chimica, sempre parimenti rinnovata: la dissociazione.

Se questo turbine di corpuscoli non circola intorno al Sole, il che non è ancora provato, circola intorno alla Terra, e forse da lontano produce l'effetto dell' anello di Saturno (1).

---

(1) L'apparizione della luce zodiacale è abbastanza rara in Francia; non la si vede distintamente che una volta o due all'anno, in febbrajo. S'è mostrata non ha guari a Parigi con una intensità notevolissima, il 20 febbrajo 1871, ed io l'ho osservata attentamente nella sua durata (6 ore e 50 min., a 7 ore e 30 min.) sotto la forma di fuso che sempre riveste; essa misurava 18 gradi di larghezza alla base, all'orizzonte, e inalzandosi obliquamente lungo lo zodiaco, terminava in punta prima di giungere alle Plejadi. Dal posto del Sole tramontato da un'ora e mezza, all'estremità del fuso, misurava 86 gradi di lunghezza totale; la sua parte visibile al di sopra dell'orizzonte misurava 63 gradi.

Il calcolo della sua intensità è stato altrettanto più facile, in quanto che l'atmosfera di Parigi era appena illuminata, a motivo della mancanza del gas durante l'assedio. Calma ed immobile, quella luce era ben diversa dai palpitanti bagliori dall'aurora boreale. Il fuso era molto più intenso nella sua regione media che sui margini, e molto più alla base che non verso la punta. Le più piccole stelle potevansi vedere attraverso a questo velo, mentre nell'aurora boreale del 24 ottobre precedente le stelle brillanti della Grand'Orsa erano state eclissate.

Il cielo velossi a poco a poco, ed alle 8 ore alcune nubi impedirono di seguire l'abbassamento del cono luminoso verso l'orizzonte. All'indomani, 21, il cielo fu nuvoloso dopo il tramonto; e, cominciando dal 22, il chiarore della luna crescente si oppose ad ogni osservazione. (Ne ho data la descrizione nei *Resoconti dell'Accademia delle scienze*, del 27 febbrajo 1871.)

Ho nuovamente osservato questo fenomeno il 6 marzo 1872. Esso era un po' meno intenso che nel 1871, sebbene si estendesse egualmente fino alle Plejadi.

CAPITOLO XI.

L'azione generale della luce della natura.

Ora che abbiamo assistito agli svariati giuochi della luce nel mondo atmosferico, e che, notomizzando i fenomeni ottici, ci siamo resi conto del loro modo di formazione e della loro natura, di leggieri si scorge che questo generale panorama dell' opere della luce sarebbe incompleto, se non penetrassimo un istante nella funzione grandiosa e profonda che questo agente esercita sull' intera vita terrestre.

Poichè la luce è la forza che sostiene nell' infinito lo splendore di questa vita, è l' incanto e l' abbellimento della terra, è per noi il primo elemento d' ogni esistenza; ma i giochi che abbiamo ammirato fin qui non sono ancora che sorrisi passeggieri di cotesto volto sempre amico che dall' alto dei cieli lascia illuminare il nostro mondo oscuro dai raggi del suo sguardo; senza di lei, il globo girerebbe nelle tenebre d' una notte infeconda e ghiacciata; per lei, tutto muovesi nella gioja e nell' eterna vita.

Sonvi dei mondi che sono beneficati da questa luce bianca e divina a cui la natura terrestre deve la infinita varietà di colori, di gradazioni e di aspetti; sonvi dei mondi illuminati da soli verdi senz' altra tinta; da soli rossi i quali non danno alle loro campagne che questo solo colore; da soli turchini o violetti, i quali non versano alla loro superficie che raggi sempre colorati ad un modo. Altri mondi sono illuminati da due o tre soli in una volta, brillante ognuno d' un color proprio, che si succedono o si riuniscono sull' orizzonte. Lo spettacolo del cielo ci mostra così, per via di confronto, che su questa terra, per quanto modesta sia per tanti rapporti, pure non siamo i meno privilegiati, poichè il nostro sole bianco ci dispensa tutte le possibili varietà della luce multicolore.

La forza luminosa sparsa dal fulgido sole nell'atmosfera terrestre regna sovrana sul pianeta a cui distribuisce giorni e stagioni; ella tesse colle sue mani delicate il leggiero e tenero organismo delle piante, ed è specialmente la sua azione sul mondo vegetale che deve qui imporsi alla nostra attenzione.

Noi ora potremmo tentare di mettere in evidenza l' esistenza del regno

della luce sulla natura animata; vedere i fiori volgersi istintivamente verso questa luce, dolci ed inconscî come fa il bambino in culla, e offrirsi come modelli all'umanità intelligente, che troppo spesso non servesi della volontà che per indietreggiare verso le tenebre; potremmo assistere al sonno ed al destarsi delle piante, ammirare la loro incredibile energia per abitare in luogo chiaro, ed inspirarci alla squisita sovranità di tale potenza su tutta quanta la natura. Ma il più importante spettacolo che dobbiamo considerare è di apprezzare meglio che ci è possibile *le quantità di lavoro* rappresentate dall'azione continua di questo agente nell'atmosfera sulle piante.

La luce è indispensabile alla vita vegetale, e se certe piante ponno crescere per alcun tempo allo scuro, esse sono languenti e intristite, nè possono percorrere le diverse fasi della loro esistenza.

I più essenziali elementi che costituiscono le piante sono il carbonio, l'idrogeno e l'ossigeno, ai quali vuolsi aggiungere l'azoto, se si fa astrazione delle sostanze quali sarebbero il silicio, il fosforo, il solfo come pure delle basi, potassa, soda, calce, ecc., che vi si trovano in deboli proporzioni. Queste quattro sostanze s'incontrano nell'atmosfera; le ultime tre sono fisse nelle piante, nel tempo del movimento dall'umor vitale, per reazioni chimiche di cui non osserviamo che il risultato finale; il carbonio è fornito dall'acido carbonico dell'aria, ed è la luce che determina l'azione in virtù della quale esso accumulasi nei vegetali.

Dietro le esperienze fatte da Boussingault, dal mese di giugno al mese di agosto 1865, fra le otto ore del mattino e le cinque di sera, nelle atmosfere ricche di acido carbonico, 1 metro quadrato di foglie di lauro ha dato in media al giorno:

alla luce, acido	carbonico	assorbito,	1 litro 178;
allo scuro,	id.	libero,	0 — 070.

Il rapporto fra le due quantità è press'a poco quello di 16 a 1, vale a dire che con queste foglie la decomposizione dell'acido carbonico alla luce è stata in media sedici volte più viva che l'emissione di questo gas nell'oscurità.

Sottoposta ad analisi certa quantità di foglie prima dell'insolazione, poi una stessa quantità dopo, cioè dosati tutti gli elementi della pianta, trovasi che sotto l'azione della luce havvi in quantità sensibile tanto ossigeno quanto acido carbonico eliminato.

Analizzate completamente quantità equivalenti di foglie innanzi e dopo l'insolazione, così come l'atmosfera nella quale esse erano, si è constatato che sotto l'azione della luce sulle foglie non v'ha nè assorbimento, nè emissione.

Ne risulta che, nell'azione luminosa, l'azoto dell'aria non si fissa nelle foglie, e che la parte di esso assimilata ai vegetali proviene dai composti ammoniacali o dalle materie trasportate nel vegetabile durante la circolazione del succo.

La luce determina il coloramento verde delle foglie e degli steli; le altre parti del tessuto vegetale, quali sono i fiori dalle tinte sì varie e ricche, e financo i frutti, vanno debitori del loro colore alla sua azione. Potrebbesi dire che tutte le tinte vegetali sono da esse prodotte, vuoi mercè un'azione diretta esercitata dai raggi luminosi, vuoi per virtù di effetti secondarî, cioè di reazioni che avvengono nei tessuti vegetali durante l'atto della vegetazione, poichè a mo' d'esempio, molti fiori coloransi al loro sbocciare. Così come i fiori, l'inviluppo dei frutti dà origine ad effetti di colorazione sotto l'influenza della luce. È noto infatti che i colori rossi delle pesche voglionsi ascrivere unicamente a questa influenza, del pari che le tinte gialle e rosse delle mele, dell'uva e di gran numero di frutti.

Lo stesso avviene nel regno animale. La vivacità dei colori delle penne degli uccelli e del pelo delle bestie feroci va decrescendo dai tropici alle regioni polari. L'uomo dei campi è abbronzito; il cittadino si mantiene pallido; il prigioniero offre alla pubblica pietà una tinta languida e scolorata.

Importa osservare che l'assimilazione del carbonio ha luogo alla superficie della terra a motivo della presenza di una piccolissima quantità di acido carbonico, nell'atmosfera e nel suolo vegetale. Se si limita alla sola atmosfera, valutatasi in media a $^4/_{10000}$ del volume dell'aria il volume del gas acido carbonico che, in un dato momento, esiste nell'inviluppo gasoso della terra. Supponendo che l'acido carbonico si spanda nella medesima proporzione, siccome il peso dell'atmosfera equivale al peso di uno strato d'acqua di 10 metri e 33 cent. disteso sulla superficie della terra, il peso del carbonio contenuto nell'acido carbonico esistente nell'aria equivale a quello di uno strato di carbon fossile, supposto in carbonio puro, che avesse lo spessore di 1 mm. e $^1/_4$ ed avviluppasse il globo. Tale quantità è minimissima; tuttavia essa fornisce il carbonio che si fissa ad ogni istante nei vegetabili. Devesi aggiungere che la perdita dell'acido carbonico è compensata ad ogni istante dalle quantità dello stesso gas che può emettere il suolo durante la decomposizione delle materie organiche, più dall'acido carbonico proveniente dalla respirazione degli animali.

Si può aver un'idea della quantità di lavoro determinata dall'azione della luce solare sulla vegetazione, e di cui si potrebbe trovare l'equivalente durante la combustione dei vegetali, valutando la quantità di carbonio fissata in un dato tempo dai vegetabili. È questa l'imagine da noi già evocata occupandoci della vita. (Lib. I, cap. VI.)

Nei nostri climi temperati, un'ettara di foresta produce ogni anno uno strato di carbon fossile dello spessore di circa $^{15}/_{100}$ di millimetro; siccome si è veduto che l'acido carbonico che è nell'aria darebbe in certo momento uno strato di carbon fossile dieci volte più alto se tutto il carbonio ch'esso contiene venisse ad essere fissato sul suolo, ne risulta che se tutta la superficie del globo fosse coperta di una vegetazione uguale a quella delle foreste e che l'acido carbonico assorbito non si rinnovasse, in capo a circa dieci anni l'aria ne sarebbe interamente spogliata.

Se dunque si suppone che la vegetazione sia la stessa durante tutto l'anno, la quantità di carbonio fissata dagli alberi sulla superficie di un'ettara sarebbe di 4320 chilogrammi.

Questo numero è relativo al nostro paese; nelle regioni equatoriali, dove la vegetazione è più attiva, esso certamente sarebbe superiore. Se consideransi le altre specie di coltura, la proporzione di carbonio fissata per ogni anno può essere parimenti maggiore. Onde fu riconosciuto che durante un anno, in una prateria bene ingrassata, sonvi per ogni ettara 3500 chilogrammi di carbonio fissati nelle piante, e la coltivazione del *topinambur* ha dato (la cifra più elevata) la quantità di 6310 chilogrammi. Puossi dunque considerare come variante da 1500 a 6000 Kg. la proporzione di carbonio fissata annualmente per ettara delle varie colture delle regioni temperate, e ciò per l'azione della luce sui diversi vegetali.

Secondo questi numeri, se ricercasi quanto calore svilupperebbe ardendo tal quantità di carbonio, si avrà un'idea dell'azione esercitata dalla luce sui vegetali alla superficie del globo. Siccome un chilogrammo di carbonio fornisce 8000 unità di calore, cioè la quantità di calore che riscalderebbe di un grado 8000 Kg. d'acqua, i numeri sopraindicati danno queste misure di calore varianti da 12 000 000 a 48 000 000. Se pigliasi come media la cifra di 24 milioni, vedesi che nella sola Francia l'azione annuale della luce sulla vegetazione corrisponde ad un incendio di 163 milioni di chilogrammi di carbone! Sull'Europa intera è un fuoco di 3000 miliardi di chilogrammi! Su tutto il pianeta una combustione di 40 000 miliardi!

Tuttavia la quantità di lavoro fornita dai raggi *luminosi* del sole durante l'atto di vegetazione nei nostri climi, e che si deposita nelle piante per essere utilizzata in seguito nel tempo della combustione o dell'impiego di tale materia, è incomparabilmente inferiore, come vedremo, all'azione calorica prodotta dall'influenza dei raggi stessi.

Un uomo fra i trenta ed i quarant'anni, nell'atto della respirazione, fornisce una quantità di acido carbonico che equivale a quella data dalla combustione di 11 grammi di carbonio all'ora; una donna della stessa età fornisce 7 grammi di questo gas; epperò ammettonsi in

media 9 grammi per ogni persona. Ne risulta che in ventiquattr' ore una persona fornisce una quantità d'acido carbonico equivalente a 216 grammi, e che 23 persone producono nello stesso tempo, mercè l'atto della respirazione, la quantità di carbonio fissata in media nel corso dell' anno dalla vegetazione di un' ettara di foresta.

Questo singolare risultato non è identico per tutte le colture, imperocchè, a mo' d' esempio, un' ettara delle nostre fertili praterie dà una fissazione di carbonio uguale alla quantità che uscirebbe dalle labbra di 46 persone. Ma siano pure come vogliono essere i particolari, la vista d' insieme è lo scambio permanente d' atomi tra il regno vegetale e noi stessi, l'ordinamento dell'equilibrio dell'atmosfera per effetto della stessa opposizione della funzione organica dei due regni. Ancor una volta il veggiamo, una gran legge stabilisce sul nostro pianeta una fratellanza assoluta fra gli esseri tutti, e questa fratellanza si sviluppa nella storia della natura, sotto la protezione attiva ed incessante della luce.

L' importanza dell' ufficio della luce nella natura, il desiderio di conoscere le sue variazioni d' intensità secondo i giorni dell' anno mi avevano fatto pensare da un pezzo a misurarla con un procedimento meccanico qualsiasi. Un fatto speciale delle mie escursioni aeronautiche mi costrinse più particolarmente ad occuparmi di tale argomento. Tutte le volte ch' io attraversavo le nubi mi sorprendeva l' aumento di luce che producesi quando uno è immerso nel loro seno e inalzasi verso le loro superfici superiori. Talvolta poi la luce diffusa che regna sotto un cielo nuvoloso è sì debole, quantunque noi non vi abbadiamo, che l' occhio è veramente abbagliato quando, essendo penetrato per alcune centinaja di metri nell' interno di una nube, avvicinasi all' aria luminosa sovrastante all' oscuro coperchio sì spesso disteso sopra le nostre teste. Ho voluto misurare tale variazione di luce, ma la cosa non era facile.

Non vi sono ancora istrumenti per la luce analoghi al termometro pel calore, od al barometro per la pressione atmosferica. Non conoscesi veruna sostanza che oscilli coll' intensità della luce o subisca variazioni istantanee. A prima giunta avevo imaginato qualche procedimento atto a imitare i moti della pupilla dell' occhio, che si contrae o si dilata secondo l'intensità della luce, ma le mie ricerche furono infruttuose.

Finalmente, in mancanza di meglio, imaginai di pigliare una sostanza la quale deve sentire gradatamente l' influenza della quantità di luce a cui la si espone, e conservare l' effetto di tale influenza, affinchè si possano confrontare le intensità luminose così registrate.

Aggiungerò, poichè sono in tale argomento, che un abile orologiajo della marina dello Stato, il signor Lecocq d'Argenteuil, volle tentare di

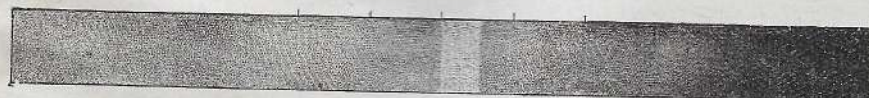
SAGGI DI FOTOMETRIA.

(La tinta è in proporzione inversa *dell'intensità della luce.)*

LUCE DEL CIELO ALL'ALZARSI DEL SOLE.

4.40 5 ore 0 m. 20 m. 30 m. 40 m. 50 m. 6 ore 10 m. 20 m. 30 m. 40 m. 50 m. 7 ore 7.20

PASSAGGIO D'UNA NUBE SUL SOLE.

19 ore 10 ore 15 m. 30 m 45 m. 11 ore mezzodì

TRAVERSATA D'UNO STRATO DI NUBI IN PALLONE (1867).

3.50 55 m. 4 ore 5 m. 10 m. 15 m. 20 m. 30 m.

Luce diffusa inferiore — Entrata nella nube — Sopra le nubi

GIORNATA D'ESTATE, CIELO PURO.

mezzanotte 3 ore 6 ore 9 ore mezzodì 3 ore 6 ore 9 ore mezzanotte

GIORNATA D'INVERNO, CIELO NUVOLOSO.

mezzanotte 3 ore 6 ore 9 ore mezzodì 3 ore 6 ore 9 ore mezzanotte

MATTINA NEBBIOSA (4 maggio 1868), PARIGI, PALAZZO REALE.

9 ore 10 ore 11 ore mezzodì 1 ora 2 ore 3 ore

L'ECLISSI DELL'ASSEDIO DI PARIGI (23 dicembre 1870).

9.30 10 ore 10.30 11.30 mezzodì 12.30 1 ora 1.30 2 ore 2.30 3 ore

11° 12° 13° 14° | 13° 11° | 8.5° 11° — 13° 11° 9°

Principio dell'eclisse — Metà dell'eclisse — Fine dell'eclisse

costruire, dietro le mie indicazioni, un piccolo apparecchio portatile indicante le variazioni dell'intensità della luce. Ecco in qual modo abbiamo formato questo apparecchio.

La carta nitrata può servire come sostanza impressionabile. Un congegno d'orologeria mette in moto, in una scatola di rame, un cilindro su cui sta rotolata una striscia di carta convenientemente preparata. La scatola si pone sopra una tavola; nella parte superiore havvi una finestrella da cui passa la luce, e la cui larghezza è calcolata sul diametro del cilindro. Quest'ultimo gira intorno ad un asse centrale, sia in un'ora per le osservazioni delicate e rapide, sia in dodici ore. Passando sotto la finestrella, la carta preparata riceve un'impressione più o meno forte secondo l'intensità della luce che su di essa agisce.

Nelle osservazioni a terra l'apparecchio è orientato a mezzodì All'alzarsi del sole, la carta perde un po' la sua bianchezza. Man mano che il sole è meno obliquo, essa annerisce più presto e più intensamente. Se sull'astro radioso passano nubi e rendono l'atmosfera più oscura, essa rimane bianca o grigio-pallida durante il passaggio. Se il cielo conservasi nuvoloso tutto il giorno, le dodici fascie orarie, o la fascia diurna di dodici ore, danno l'intensità relativa della luce penetrata nelle nubi. Se piove, la carta è visibilmente arrossata dall'umidità. Se per un'ora soltanto o due il cielo sta nuvoloso nel corso del giorno, durante tale periodo la carta è meno annerita. Dosando il bagno d'argento, si può dare alla carta tutta la desiderabile impressionabilità. Senz'altri particolari, vedesi che questo apparecchio fornisce colla serie delle sue indicazioni lo stato diurno e orario della luce, la variazione dell'atmosfera, la levata ed il tramonto del sole, il loro calore luminoso, la durata del giorno effettivo e la sua intensità a mezzodì. Confrontato colle indicazioni del termometro pel calore, dell'igrometro per l'umidità e del barometro per lo spostamento dell'aria, esso finisce di registrare l'azione delle forze della natura sulla vita vegetale ed animale.

In pallone, questo apparecchio, disposto orizzontalmente, mi ha indicato le variazioni d'intensità della luce secondo le ore, le altezze, lo stato del cielo, e specialmente, ciò appunto che avevo desiderato, la modificazione portata dalle nubi nella distribuzione della luce nell'atmosfera.

A siffatto istrumento ho dato il nome di *fotometro*.

La pagina 241 offre un complesso delle prove tentate da parecchi anni su questo argomento, e dell'utilità che è lecito sperarne per l'avvenire. È il fac-simile delle diverse striscie di carta preparata esposte al fotometro. La prima è quella del 20 marzo 1868, la luce vi si manifesta prima del levar del sole, con un cielo sereno e s'accresce gradatamente. La seconda indica il passaggio di una nube sul sole alle

ore 10 e 30-40 minuti. La terza mostra che attraversando in pallone uno strato di nubi, la luce è più debole nel momento in cui si penetra nell'interno della nube, ritorna in breve analoga alla luce diffusa inferiore, tosto la supera in intensità, mano mano che l'osservatore s'innalza e diventa completa non appena egli è passato oltre la superficie superiore delle nubi. Nella 4.ª e 5.ª striscia si può paragonare *l'intensità e la durata* della luce al solstizio d'estate (20 giugno 1869) ed al solstizio d'inverno (22 dicembre 1869).

Vi sono giorni che per lo spazio di alcune ore stanno oscuri in singolar modo. Tale fu, per esempio, il 4 maggio 1868, fra le 10 e mezzodì. Tale fu pure, nell'anno 1870, l'8 luglio, dalla una alle 3. La luce è diminuita a Parigi dalle 10 ant. per effetto di un grande agglomeramento di nubi, ed il suo minimo si è verificato durante il violento uragano che si scatena sulla città e sui dintorni.

Ho applicato questo fotometro alla misura della variazione di luce prodotta dall'eclissi di sole del 21 dicembre 1870; l'eclissi è in certa guisa dipinto sulla serie delle listerelle di carta fotometrica, secondo l'esatta progressione delle sue fasi e lo stato dell'atmosfera. Vedesi che il giorno aveva soltanto 4 gradi di luce alle 8 ant., 10 gradi alle ore 9, 12 gradi alle 10, 14 gradi alle 11. Poi la luce scemò progressivamente fino ad 8 gradi e 5 decimi nel mezzo dell'eclisse, risalì a 11 gradi a un'ora e 30 minuti, a 13 gradi alle ore 2, per ridiscendere in seguito a 9 gradi alle 3 ore, ed a 2 gradi alle 4 (1). Ho fatto questa esperienza ad orizzonte libero, vicino ai bastioni (6.° settore della cinta fortificata).

Sono questi i gradi di una scala arbitraria da me applicata alle tinte progressive corrispondenti all'intensità della luce. Supponendo che 20 gradi, per esempio, rappresentino la tinta nera, o la massima intensità, e 0 l'oscurità completa ove la carta rimane bianca, 1 a 19 gradi rappresentano a sufficienza tutte le tinte intermedie.

In tal modo valutasi l'influenza della luce solare nella natura terrestre, secondo gli anni, le stagioni, i giorni e le ore, influenza che deve entrare nello studio dei fenomeni della vita, per lo stesso motivo delle indicazioni del termometro, dell'igrometro e del barometro. L'osservatorio di Montsouris, dal principio della sua fondazione, con processo analogo, registra le alterazioni della luce.

Lo studio dianzi fatto dall'ufficio della luce nell'atmosfera terrestre ci guida ad occuparci ora di un'azione senza conforto più potente ed attiva, sebbene meno visibile: l'azione del calore solare, cioè la temperatura, le stagioni e i climi.

---

(1) V. *Resoconti dell'Accademia delle scienze*, del 26 dicembr 1876.

LIBRO TERZO

LA TEMPERATURA

CAPITOLO I.

Il Sole e l'azione sua sulla Terra.

IL CALORE — IL TERMOMETRO — QUANTITÀ DI CALORE RICEVUTA DAL SOLE — SUO VALORE E SUO IMPIEGO — TEMPERATURA DEL SOLE — TEMPERATURA DELLO SPAZIO.

Nel nostro primo Libro abbiamo contemplato la terra lanciata negli spazî dalla forza misteriosa della gravitazione universale, che gira sovra un'orbita lontana 37 milioni di leghe dall'astro solare che la sostiene, e che attinge nella luce permanente del fuoco centrale la costante conservazione della sua bellezza, della sua gioja e della sua vita. Noi abbiamo veduto che l'atmosfera ravvolge il globo come uno strato di gas aderente alla sua superficie, e che tutti gli esseri, grandi o piccini, umili o gloriosi, sono costruiti sul tipo di uno stesso sistema organico, di un sistema respiratorio, il cui funzionamento è la condizione stessa della loro vitalità alla superficie del nostro pianeta.

In seguito abbiamo ammirato nel nostro Libro la luce celeste, che penetra dolcemente nella nostra atmosfera, ed inviluppa il pianeta in uno splendido manto. Fino ad ora abbiamo in certa guisa studiato la forma esterna e i brillanti aspetti della natura. È ormai tempo di scendere nel laboratorio e di apprezzare la gran forza infaticabilmente dispiegatavi. Esamineremo qual sia la potenza produttrice delle correnti atmosferiche, dei venti, delle brezze, delle tempeste, e che fa circolare la vita sulla sfera abitata. Mentre l'attrazione conduce la Terra nello spazio o la inclina sul suo asse per darle stagioni rigeneratrici, il ca-

lore viene a risvegliare gli organismi addormentati nella notte dell'inverno, e fa cantare gli uccelli nei boschi; è desso che fiorisce nelle rose e sorride sulla verdeggiante prateria; è desso che mormora nelle fonti e sospira sull'aspra riva dei mari; è desso infine che fa viaggiare gli atomi dalla pianta all'animale, dall'uomo al vegetale, e stabilisce sulla terra l'immensa fratellanza delle cose. Meglio inspirati che nol fossero gli antichi profeti, i quali dichiaravano non potersi sapere da nessuno donde venga, nè dove vada il vento, così come nessuno poteva dire su quali fondamenta posi il globo, noi troveremo in una sola forza il principio dei venti e delle brezze, delle nubi e degli uragani, delle pioggie e delle tempeste, e giudicheremo nella sua grandezza il meccanismo di tutti i movimenti che si compiono sulla Terra.

Vediamo innanzi tutto come si valuti il calore e la sua distribuzione sulla superficie del globo.

Per misurare le variazioni di temperatura si fa uso del *termometro* (*therme*, calore; *metron*, misura), nella stessa guisa che è stato imaginato, come più sopra abbiamo visto, il barometro per misurare le variazioni della pressione atmosferica. Senza fermarci ora, più che non l'abbiamo fatto per l'apparecchio precedente, all'uso del termometro ed alle sue diverse specie, è però util cosa il risalire alla sua invenzione, che data parimenti dalla metà del diciassettesimo secolo.

A

B

Fig. 95. Termometro.

Gli antichi giudicavano della temperatura presso a poco come si fa ai giorni nostri, cioè dai principali effetti che ne dipendono. Oggi la scienza la misura con maggior cura e in modo uniforme, col mezzo di istrumenti speciali che permettono di mettere a confronto i risultati di un paese o di un'epoca con quelli di un altro paese e di un'altra epoca determinata.

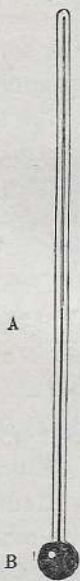
Allorchè gli accademici di Firenze stabilirono che tutti i corpi cambiano di volume sotto l'influenza del calore, essi misero le basi della termometria. L'istrumento adoperato da quegli scienziati consisteva in una sfera *A* (fig. 95), saldata ad un tubo stretto *B*, e contenente alcool colorato. Se portasi quest'apparecchio da un mezzo, in un altro più caldo, il liquido si dilata, il livello si alza, indicando così l'aumento di temperatura. Siffatto apparecchio data dal 1650. Affinchè i termometri fossero tra loro confrontabili, cioè affinchè nelle stesse circostanze potessero dare le stesse indicazioni, gli accademici di Firenze li fecero tutti conformi ad un solo modello, almeno quanto fu loro possibile. Un fisico di Pavia, Carlo Renaldi, propone pel primo, verso il 1694, il mezzo adoperato anche attualmente per avere termometri comparativi. Tal mezzo consiste nel porre l'istrumento successivamente in due condizioni calorifere invariabili e facili a riprodursi;

quelle che corrispondono allo sciogliersi del ghiaccio ed all'ebollizione dell'acqua. Tra questi limiti della temperatura, uno stesso corpo si dilata sempre un'eguale frazione del suo volume. Comunemente segnasi 0 gradi nel punto in cui il liquido del termometro fermasi nel ghiaccio che si fonde, e 100 gradi nel punto dove rimane stazionario immerso nell'acqua bollente; segnati questi due punti sul tubo, si divise il loro intervallo in 100 parti uguali, e le divisioni sono state prolungate da una parte e dall'altra. Sopra il ghiaccio continuasi la divisione centesimale. Quando Newton ebbe dimostrato chiaramente l'inalterabilità del punto di ebollizione dell'acqua, il mezzo adoperato da Renaldi per rendere i termometri comparabili fu adottato da tutti i fisici. Il più comodo e il più usato è il termometro *centigrado* (fig. 96).

Fig. 96. Termometro centigrado.

Trent'anni sono, Pouillet (dell'Istituto) si dedicò a una serie di esperimenti ingegnosi e delicatissimi per determinare la quantità di calore mandata alla Terra dal Sole, e la temperatura dello spazio, cioè i due elementi costitutivi della temperatura che esiste alla superficie del globo.

Gli apparecchî adoperati per tali constatazioni furono il *pereliometro* e l'*actinometro*. Siccome quest'ultimo servì soltanto alle ricerche sulla temperatura dello zenit, non ce ne occuperemo.

Il pereliometro componesi essenzialmente di un sottil vaso d'argento *A* (fig. 97) di un decimetro di diametro, e contenente 100 grammi di acqua. La sua faccia rivolta al sole è coperta di nero fumo. Un termometro è raccomandato al vaso e incastrato nella legatura d'ottone a *B*. Per avere l'acqua del vaso alla temperatura ambiente, la si tiene esposta cinque minuti al sole. Per constatare che il vaso piatto è esattamente perpendicolare ai raggi solari, vedasi se la sua ombra cade con precisione sul disco inferiore *C* dello stesso diametro. Confrontando il suo riscaldamento colla temperatura anteriore e posteriore alla sua esposizione, trovasi la quantità di calore ricevuta dal Sole in un minuto per ogni centimetro quadrato. È questo inalzamento di temperatura $t = 0{,}2624$ calorìe (1).

Pouillet si è parimenti servito d'un periliometro a lente.

Tenendo conto delle varie densità atmosferiche attraversate dai raggi solari, lo sperimentatore ha trovato che il pereliometro subirebbe un

(1) Chiamasi *calorìa* l'unità adottata nella valutazione della quantità di calore, come si chiama grammo l'unità adottata nella valutazione dei pesi. Una calorìa è la quantità di calore necessaria per inalzare di un grado la temperatrra di un chilogrammo d'acqua; è del pari la quantità di vapore sviluppato da un chilogrammo d'acqua, la cui temperatura si abbassi di un grado.

Chiamasi *chilogrammetro* l'unità adottata nella valutazione del lavoro delle forze; è il lavoro necessario per inalzare il peso d'un chilogrammo all'altezza d'un metro.

aumento di 6°,72 se l'atmosfera potesse trasmettere integralmente tutto il calore solare senza assorbirne, o se l'apparecchio potesse essere trasportato ai confini dell'atmosfera per ricevervi senza perdita alcuna tutto il calore mandatoci dal Sole. Questo calore, moltiplicandolo per 0,2624, dà: 1,7633.

Tale è dunque la quantità di calore versata dal Sole in un minuto sopra 1 *centimetro* quadrato, ai confini dell'atmosfera, e che esso darebbe similmente alla superficie del suolo, se l'aria atmosferica non assorbisse alcuno de' raggi incidenti.

Mercè questo dato e la legge secondo la quale il calore trasmesso diminuisce coll'aumentare dell'obliquità, si può calcolare la proporzione di calore incidente che giunge ad ogni istante sull'emisfero illuminato nel globo, e quella che viene sorbita nella metà corrispondente dell'atmosfera. Il calcolo dimostra che quando l'atmosfera ha tutte le apparenze di una serenità perfetta, essa assorbe ancora quasi la metà della quantità totale di calore che il Sole emette verso di noi, ed è l'altra metà soltanto di questo calore che viene a cadere sul suolo e vi si trova variamente divisa secondo che essa ha attraversato l'involucro aereo con maggiori o minori obliquità.

Poichè il Sole, conformemente a quanto abbiamo ora veduto, manda in un minuto, su ogni *metro* quadrato del suolo ch'esso dardeggia perpendicolarmente, una quantità di calore eguale a 1763 calorìe, è facile avere il computo della quantità totale di calore che il globo terrestre e la sua atmosfera ricevono contemporaneamente in un anno; è quella ricevuta da una superficie pari in estensione ad uno dei cerchî massimi della terra. Ottengonsi così più di mille e duecento quintilioni di calorìe, o il numero 1 210 000 000 000 000 000 000!

Se fosse possibile, questo calore inalzerebbe di 2315 gradi uno strato d'acqua alta un metro, che avviluppasse la terra intiera.

Trasformando tal quantità di calore in altra quantità di ghiaccio fuso, ottiensi il risultato seguente:

Se la quantità totale di calore che la terra riceve dal sole nel corso di un anno fosse uniformemente ripartita su tutti i punti del globo, e vi fosse impiegata, ma senza perdita veruna, a fondere il ghiaccio, essa sarebbe capace di squagliare uno strato di ghiaccio che avvolgesse l'intero globo ed avesse lo spessore di 30 metri e 89 centimetri, o quasi 31 metri. Tale è la più semplice espressione della quantità totale di calore che la terra riceve ogni anno dal sole.

È tale spaventevole quantità di calore quella che muove il meccanismo della vita terrestre, che separa il carbonio dall'ossigeno nei vegetabili, che fa crescere gli animali, che sospende i massi di ghiaccio sulle creste delle montagne, che scatena le tempeste sugli abissi dell'oceano, — in una parola, che conserva l'immensa vita aerea in questo pianeta.

Lo stesso dato fondamentale ci permette di trovare la quantità totale di calore che sfugge dal globo intero del sole in un dato tempo. Consideriamo quest' astro come il centro di un recinto sferico il cui raggio sia uguale alla media distanza fra esso e la terra; è evidente che su questo vasto recinto ogni metro quadrato riceve in un minuto da parte del Sole, precisamente altrettanto calore quanto il metro quadrato della Terra, cioè 1763; onde la quantità totale di calore ch' essa riceve è uguale alla sua intera superficie, espressa in metri e moltiplicata per 1763.

Si può dunque esprimere la stessa cosa dicendo che il globo terre-

Fig. 97. — Pereliometro.

stre, colle sue 3000 leghe di diametro, solo intercetta in questa sfera 37 milioni di leghe di raggio, $^1/_{2\,300\,000\,000}$ dell' irradiamento totale, e che il calore emesso dal Sole è 2 300 000 000 volte più grande di quello che riceve la Terra.

Questo complessivo calore è tale che ogni centimetro quadrato della superficie solare emette in un minuto 84 888 unità di calore.

Se trasformasi questo calore in quantità di ghiaccio fuso, si giunge al risultato seguente:

Se la quantità complessiva di calore emessa dal Sole fosse esclusi-

vamente adoperata a fondere uno strato di ghiaccio che fosse applicato sulla stessa sfera del Sole che l' avviluppasse da ogni parte, tal misura di calore potrebbe fondere in un minuto uno strato alto 17 chilometri! — L' identica quantità di calore inalzerebbe di un grado ogni ora 2900 miliardi di chilometri cubi d' acqua alla temperatura del ghiaccio! — Per opporre all' irradiazione solare una resistenza frigorifera uguale, bisognerebbe mandare al Sole un zampillo d' acqua agghiacciata di 18 leghe di diametro con una velocità continua di 77 000 leghe al secondo!

In un anno ogni metro quadrato della superficie della Terra riceve 2 318 157 calorie, più di 23 miliardi di calorie ogni ettara, cioè 9 852 200 000 000 chilogrammetri. E però, l' irradiamento calorifico del Sole, operando sopra una nostra ettara, vi sviluppa, sotto mille diverse forme, una potenza che equivale al lavoro continuo di 4163 cavalli-vapore. Sulla terra intera è un lavoro di 510 sestilioni di chilogrammi e di 217 316 000 000 000 cavalli-vapori.

Cinquecentoquarantatrè miliardi di macchine a vapore da quattrocento cavalli ciascuna, che agissero senza posa notte e giorno, rappresenterebbero il dispendio di forza dell' irradiamento solare pel nostro pianeta soltanto.

Parte di tal potenza è impiegata a riscaldare la crosta terrestre fino a certa profondità; ma siccome il suolo e l' atmosfera irradiano nello spazio, e pare non guadagni nè perda il globo terrestre, dal punto di vista della media temperatura, almeno pel corso di lunghi periodi d' anni tutta questa parte dell' irradiamento solare può essere considerata come quella che mantiene l' equilibrio di temperatura sul pianeta.

Un' altra parte si trasforma in movimenti molecolari, in azioni e reazioni chimiche, che sono la fonte a cui la vita dei vegetabili e degli animali attinge senza posa di che nutrirsi e perpetuarsi. Il calore che sembra proprio di tali esseri altro non è fuorchè un' emanazione di quello del focolare comune. « Gli è così, dice in tal proposito Tyndall, che noi siamo, non più nel significato poetico, bensì nel significato puramente meccanico, i figli del Sole. »

La vita terrestre è sospesa ai raggi del sole. Nella stessa guisa che il nostro globo è sostenuto nell' abisso dello spazio dalla mano invisibile dell' attrazione solare, così la vita stessa, vegetale ed animale, che fiorisce alla superficie, non è alimentata che dalla forza incommensurabile dell' attività solare. Le religioni antiche, le prime poesie dell' umanità svegliata salutavano già nel radiante astro il gran motore della creazione; esse non facevano che indovinare, sotto forma ancora pallidissima, la grandezza dell' azione permanente del focolare sul nostro sistema, sui mondi abitati che gravitano nel suo fecondo irradiamento.

Calcolata in valore produttivo la potenza dei raggi solari, viensi a

constatare ch'essi versano *sopra ogni metro quadrato* la quantità di calore sufficiente per far bollire in meno di dieci minuti un litro d'acqua alla solita temperatura (è questa la cifra del nostro clima). In una bella giornata per lo spazio di otto o nove ore, il Sole manda a Parigi una misura di calore equivalente quasi al lavoro di un cavallo-vapore ogni metro quadrato. Il calore solare irradiato sovra una superficie di 100 metri quadrati, corrisponde nelle latitudini tropicali, alla combustione di più di 100 000 chilogrammi di carbone all'ora.

L'intensità d'un fenomeno calorifero che traducesi con un consumo simile di carbon fossile, oltrepassa l'imaginazione. L'ingegnere americano Ericson, che si è occupato delle macchine solari a vapore di cui parleremo tra poco, ha calcolato che l'effetto meccanico del calore solare che cade sui tetti di Filadelfia potrebbe tenere in movimento più di cinquemila macchine a vapore della forza di 20 cavalli ciascuna. Archimede, dopo di aver compiuto un calcolo sulla forza delle leve, diceva che un punto d'appoggio avrebbe sollevato il mondo. Lo stesso ingegnere pretende che la concentrazione del calore irradiato dal Sole produrrebbe una forza capace di arrestare la Terra nel suo cammino!

Il calore è una forza, così come lo è il moto. Il lavoro prodotto dall'inalzamento d'un grado di un chilogrammo d'acqua è esattamente lo stesso di quello che sarebbe necessario per sollevare all'altezza di un metro un peso di 425 chilogrammi.

Il calore solare è la fonte dei soli lavori naturali che l'uomo abbia saputo finora volgere a proprio vantaggio. Infatti non si possono annoverare fra questi lavori se non quelli che risultano dall'impiego del combustibile, dei motori animati, dei corsi d'acqua e del vento. Ora, è questo calore che dà origine ai venti e ai corsi d'acqua; è il Sole che fa girare i molini, correre le locomotive, vagare i palloni negli spazî.

Però anche il combustibile dell'industria viene dallo stesso astro: allo stato di legno, è carbonio assorbito da vegetali che respirano sotto l'influenza del re degli astri: allo stato di carbon fossile, è pur sempre carbonio della stessa influenza in lontane epoche fissato nei giganteschi alberi antidiluviani.

Sotto qualsiasi forma essa tragga profitto dal concorso degli agenti naturali, l'industria umana non dipende che dal Sole; ed essa è ancor ben lungi dal raccogliere la parte maggiore del lavoro ingenerato sul nostro pianeta da sì immenso focolare. Se, come l'esperienza ha dimostrato da lunga pezza, il calore ricevuto in brevissimo tempo da una superficie di mezzana estensione sottoposta all'azione del sole è considerevole; se inoltre, è facile il preservare questa superficie dal raffreddamento e conservarle sul mezzo che la circonda un eccesso immenso di temperatura, è chiaro che l'uomo può proporsi di trar profitto di-

rettamente dal lavoro del calore solare. D' altra parte comprendesi tutta l' importanza di simile conquista per le regioni nelle quali questo calore è ardente e l'atmosfera sempre pura; poi è in queste regioni appunto che mancano l'energia dei motori, i corsi d'acqua e il combustibile.

I raggi del sole, attraversato che abbiano l' aria, un vetro od un corpo trasparente qualunque, perdono la facoltà di ritraversare questo stesso corpo trasparente per ritornare verso gli spazi celesti. Egli è con processo fondato su tal legge fisica che i giardinieri accelerano in primavera la vegetazione delle piante delicate, ricoprendole con una campana di vetro, che ammette i raggi solari, ma non li lascia poi sfuggire se non con molta difficoltà. Se il giardiniere mette due o tre campane una sopra l'altra, la pianta così coperta si brucia indubbiamente, e anzi nei giorni sereni di marzo e d'aprile è spesso costretto a rialzare parte dell'orlo della campana di vetro affinchè la pianta non soffra il sole di mezzogiorno. Mediante un apparecchio composto d'una scatola annerita al di dentro e di alcuni specchî sovrapposti, Saussure ha potuto portar l'acqua all'ebollizione; e durante il suo soggiorno al capo di Buona Speranza, nei dì canicolari della fine di dicembre, sir John Herschel ha potuto far cuocere un bue alla moda « di mezzana grandezza, col mezzo di due scatole annerite poste l'una sopra l'altra e provvedute ciascuna di un sol vetro, senza verun'altra causa di calore all'infuori dei raggi solari che inabissavansi per non più ritornare in quella specie di trappola ». In siffatta cucina attivata con un fornello di genere nuovo, dice Bobinet, ci fu da trattare tutta la sua famiglia e gli invitati.

La scatola di Herschel, chiusa soltanto da due lastre di vetro, raggiunse successivamente 80, 100 e 120 gradi di calore.

Quantunque tale fornello ci sembri sì nuovo, potrebbesi quasi dire però che sia un plagio fatto ai Greci. Trovasi, infatti, che cento anni prima dell'èra attuale, Erone d'Alessandria ha descritto nelle sue *pneumatiche* un gran numero d'ingegnosi apparecchî trasmessici dagli antichi e senza dubbio dai dotti jerofanti dell'Egitto. Uno di questi apparecchî, che pare sia stato costruito da Erone, trae l'acqua da un serbatojo pel solo effetto della dilatazione e della condensazione dell'aria sotto l'influenza del Sole, mostrato e nascosto alternativamente all'apparecchio.

Alla fine del sedicesimo secolo, lo scienziato napoletano G. B. Porta espose nella sua *Magia naturale* le applicazioni meccaniche del calore solare. Se ponesi, egli dice, una sfera di rame sulla cima di una torre e se da questo vaso scende un tubo in un serbatojo d'acqua, scaldando il globo superiore col fuoco e col sole ne sfugge l'aria rarefatta. In breve quando il sole si ritira, il vaso di rame si raffredda, l'aria si condensa e l'acqua è aspirata.

Salomone di Causs, nel principio del diciassettesimo secolo, ha dato

la descrizione della prima macchina elevatoria che funzioni coll'ajuto del sole. È la sua *fontana continua.* Imaginiamo, sovra una cisterna, una serie di casse di rame, per un terzo riempite d'acqua. Un tubo orizzontale è posto su questa serie di casse, e comunica, mediante piccoli tubi verticali aggiunti, fino coll'acqua delle casse. Il calore solare dilatando l'aria, fa esercitare una pressione sull'acqua che esse rinchiudono e la fa salire nel tubo orizzontale superiore. Su questo tubo è praticata un'apertura, e si può così produrre un zampillo d'acqua.

Quando una parte dell'acqua contenuta nelle casse è salita, e che, giunta la notte, l'aria è rarefatta, l'acqua della cisterna, che comunica colle casse mediante un tubo verticale, una valvola ed un tubo verticale di comunicazione, s'inalza per empire i vasi come lo erano prima, « in guisa, dice Salomone di Causs, che tal movimento continuerà finchè saravvi acqua nella cisterna ed alternative di sole e di notte ». Questa fontana continua, destinata all'abbellimento dei giardini, potrebbe, mediante alcuni miglioramenti, servire a risolvere economicamente il problema dell'elevazione delle acque. E infatti, havvi nulla di più razionale del progetto di far risalire le acque coll'ajuto dello stesso agente che le inalza nella natura?

La concentrazione del calore solare in luogo chiuso da vetri è un fatto esperimentale sì facile a constatarsi, che l'osservazione al certo ha seguìto da vicino l'invenzione del vetro. Tuttavia, a malgrado delle diverse constatazioni che si sono potute fare in proposito, e a malgrado delle applicazioni da noi dianzi indicate, prima di Sausurre non vedesi uno studio scientifico completo del fenomeno. Dopo Sausurre ed Herschel varî studî furono ripresi da alcuni fisici. Questo curioso problema è forse attualmente nella sua fase più importante, in quella che da un lato dà serî risultati, e dall'altro permette all'imaginazione d'indovinare per l'avvenire risultati ancora più considerevoli (1).

---

(1) Mercè gli studî perseveranti del signor A. Muchot, professore nel liceo di Tours, possiamo ora possedere apparecchî che ci permettono di sostituire i celesti raggi del Sole al carbone comune per la cottura degli alimenti.

In un recipiente di vetro ponesi un vaso della stessa forma di rame o di ferro battuto, e si copre il tutto con un coperchio di vetro. Questa semplice marmitta solare, posta nel foco di un riflettore cilindrico d'argento, fa bollire in un'ora e mezzo tre litri d'acqua alla temperatura di 15 gradi.

Il riflettore è un semplice foglio di *plaquè* d'argento, la cui apertura è di mezzo metro quadrato.

Facilmente raggiungonsi temperature di 100, 120, 150 o 200 gradi centigradi.

Questa marmitta solare ha permesso al signor Muchot di far cuocere al suolo un chilogrammo di manzo con legumi di varie specie. Dopo quattro ore d'insolazione tutto era cotto appuntino, malgrado il passaggio delle nubi sul sole, ed il brodo era riuscito eccellente, inquantochè il riscaldamento era avvenuto con grande regolarità.

Mediante un lieve cambiamento di forma si è potuto trasformare questa marmitta in un forno e far cuocere in meno di tre ore un chilogrammo di pane, il quale non offriva alcuna differenza a confronto di quello dei fornaî.

Trasformandola in lambicco, si è potuto distillare dell'alcool al sole dopo quaranta minuti di esposizione. L'alcool era molto aromatico.

Vedesi che il calore solare rappresenta una forza meccanica di non lieve momento. Quale mai può essere la temperatura intrinseca di questo focolare della vita planetaria?

Molti furono i metodi adoperati per giungere a determinarla. Ponendo un termometro in mezzo ad un cilindro doppio empiuto d'acqua calda, la cui temperatura è stabilita, ed esponendolo ai raggi del sole, il padre Secchi ha trovato che il calore aggiunto dal sole a quello del cilindro è sempre di 12° circa al livello del mare, qualunque sia del resto la temperatura di quest'ultimo. Egli ammette che disopra dell'atmosfera, sottraendo l'assorbimento atmosferico, la differenza sarebbe di 29°. Sulla vetta del monte Bianco, Soret l'ha trovata di 21°. Ciò posto siccome il disco solare ha un diametro di 31′ 3″ 6, il rapporto tra la sua superficie e quella della sfera celeste è di 183 960. Il padre Secchi moltiplica dunque 29° per questo numero, e conclude che la temperatura emanata dal sole è di 5 334 000 gradi. Poi, siccome l'atmosfera del sole assorbe per sè stessa la metà dei raggi forniti dall'astro, raddoppia questo numero e ne deduce che la temperatura del sole deve essere di circa 10 milioni di gradi.

Tale conclusione è stata fortemente discussa, dopo la prima edizione di quest'opera, all'Accademia delle scienze (1). E siccome da un canto altri metodi indicherebbero soltanto 3000° per questo calore, e, dall'altro, nè lo spirito scientifico nè financo l'imaginazione possono formarsi alcuna idea di calore di 10 000, 100 000, 1 000 000 10 000 000 di gradi, pare che non dobbiamo ancor nulla stabilire in proposito nel mentre però affermiamo l'estrema elevatezza di questa temperatura.

Si potè fondere lo stagno (235°), il piombo (335°) e lo zinco (460°).

Si attese a moltissime altre prove, sulle quali sarebbe superfluo l'insistere. Ecco dunque l'impiego del calore solare come forza motrice che comincia ad entrare nel dominio della scienza pratica. Ben s'intende nei nostri paesi, sì spesso rattristati dalle nubi, tale applicazione non potrebbe estendersi su vasta scala, ma da un canto, innanzi tutto al bisogno, lo si potrebbe aggiungere al calore artificiale, mentre dall'altro vi sono sulla terra immense regioni ove non piove mai.

In Algeria l'autore propone di dare ai nostri soldati una piccola batteria di cucina, la quale non esige combustibile nè nelle sabbie del Sahara, nè nelle nevi dell'Atlante. Nella Cocincina, ove l'acqua deve essere sottoposta all'ebollizione per essere potabile, usando un suo apparecchio non si avrebbe più bisogno di combustibile. Il calore solare può mantenere negli appartamenti zampilli d'acqua; perfino l'apparecchio da fabbricare il ghiaccio può funzionare per virtù dello stesso agente. La conservazione dei grani con una stufatura lenta, il riscaldamento dei vini a bagno-maria, la fabbricazione della colla, delle candele, la distillazione delle essenze, l'estrazione del sale dall'acqua del mare, il depuramento del solfo, ecc., si possono ottenere gratuitamente dal calore del sole.

Noi salutiamo nella locomotiva il carbonio fissato nel carbon fossile dal sole: ma chiediamo a noi stessi da che mai le caldaje verranno riscaldate dopo l'esaurimento relativamente prossimo (fra due secoli) delle miniere di carbon fossile? Chi sa? Forse dal Sole direttamente? Sarebbe questa un'applicazione industriale senza precedenze. Eccone un'altra offertaci dal dotto professore di Tours.

L'efficacia della macchina a vapore solare si accresce a misura che c'inalziamo nell'atmosfera, poichè allora il punto di ebollizione dei liquidi si abbassa, nel mentre aumenta l'ardore relativo del sole e il raffreddamento dell'aria favorisce il condensarsi dei vapori. Non vi sarà in ciò anche il segreto della navigazione aerea?...

(1) Si vedano i *Resoconti* del gennajo 1872.

È siffatto calore che sostiene e feconda i pianeti abitati; e, pel nostro pianeta in particolare, il calore interno del globo sembra non abbia più azione veruna sui fenomeni della vita che compionsi alla superficie.

Una parola anche sul calore interno.

Mairan, Buffon, Bailly, valutavano, per la Francia, il calore che sfugge dall' interno della terra, 29 volte in estate e 400 volte in inverno quello che ci viene dal sole. E però, il calore dell' astro che ci rischiara non formerebbe se non una piccolissima parte di quello del globo. L' idea è stata sviluppata con grande eloquenza nelle *Epoche della natura;* ma l' ingegnoso romanzo al quale esso serve di base si è dissipato come fantasma dinanzi alla severità dei calcoli matematici.

Avendo Fourier scoperto che l' eccesso della temperatura totale della superficie terrestre su quella che risulterebbe dalla sola azione dei raggi solari ha una necessaria relazione sull' accrescimento delle temperature a diverse profondità, ha potuto dedurre dal valore esperimentale di siffatto aumento una determinazione numerica dell' eccesso di cui si tratta, cioè dell' effetto termometrico prodotto alla superficie dal calore centrale; ora, invece dei grossi numeri dati da Mairan, Bailly, Buffon, che, ha trovato il dotto calcolatore? — la trentesima parte di un grado!

La superficie del globo che, al principio delle cose, era probabilmente incandescente, si è raffreddata nel corso dei secoli, in modo da conservare appena una traccia sensibile della sua primitiva temperatura. Però è noto che il calore aumenta man mano che si discende nell' interno in ragione di un grado ogni 35 metri circa, e che questo calore è grandissimo alle radici dei vulcani. Il tempo porterà larghissime modificazioni su queste temperature interne. Alla superficie (e i fenomeni della superficie sono i soli che possono alterare o compromettere l' esistenza degli esseri viventi) tutti i cambiamenti sono compiuti colla differenza di un trentesimo di grado. La spaventevole congelazione del globo di cui Buffon stabiliva l' epoca nel momento in cui il calore interno si sarà totalmente dissipato, è dunque un puro sogno!

Ora, qual è la *temperatura dello spazio?*

Dal principio del secolo attuale, sopratutto, tale questione è stata argomento di ricerche, che giova qui riassumere.

Che lo spazio infinito sia vuoto nelle regioni infrastellari, o sia occupato da un mezzo di natura sconosciuto, cui tutti concordemente hanno denominato *etere*, e sì leggiero che tutta la quantità sparsa nel nostro sistema planetario pesa soltanto 1 chilogrammo! — certo è nondimeno che le stelle sono altrettanti soli che mandano raggi luminosi e caloriferi, e che lo spazio non è assolutamonte freddo.

Anche la terra di secolo in secolo attraversa regioni la cui temperatura varia. Poisson suppone perfino che il calore del globo possa provenire da tal causa.

Il geometra Fourier aveva trovato la temperatura dello spazio nel mezzo del quale gravita attualmente il sistema planetario da 50 a 60 gradi sotto lo zero. Siccome al forte Reliance il termometro è stato osservato a — 57 gradi, Arago ne concludeva (Istituto, 1836) che la temperatura dello spazio è di molto inferiore a quella cifra, e fra — 60 e 70.

In seguito ad esperienze fatte coll' actinometro, Pouillet stabiliva questa temperatura a — 140 gradi sotto lo zero, e, strana conseguenza, diceva lo stesso fisico, che tale calore equivale ai $^5/_6$ del calore solare, e sarebbe tale da far fondere ogni anno sul nostro globo uno strato di ghiaccio di 26 metri!

Bisognò aspettare fino alla recentissima creazione della *teoria meccanica del calore,* per avere su questo punto sì controverso una risposta matematica. Mercè principî fissati da tale scienza, noi sappiamo ora da un lato che l'abbassamento indefinito della temperatura è una mera finzione; dall' altro, che esiste uno *zero assoluto,* nel quale ogni calore è scomparso dai corpi, e che questo zero, per tutti i corpi dell' universo, è di 273 gradi sotto il ghiaccio che si fonde.

Imaginiamoci che la terra non fosse più riscaldata da alcun raggio calorifico, e seguiamo i fenomeni che ne risulterebbero.

Tutte le molecole dell' aria atmosferica irradierebbero il loro calore in tutti i sensi e si raffredderebbero ognor più, poichè le loro perdite non sarebbero riparate; aumentandosi la densità loro, esse cadrebbero verso terra, mentre altre molecole salirebbero per andare a raffreddarsi.

Dopo alcuni secoli tutto il calore del globo, tanto il calore centrale e primitivo quanto il calore artificiale e mantenuto dal Sole, si troverebbe disperso nello spazio; ma tale disperdimento sarebbe più o meno pronto nei diversi paesi, secondo che lo spazio del suolo fosse più o meno irradiante e la conduttibilità degli strati interni più o meno perfetta.

Gli astri luminosi innumerevoli che occupano le diverse regioni del cielo non sono scevri di calore; gli spazî celesti sono quindi ad una certa temperatura, che debb' essere di 273 gradi sotto lo zero, così come abbiamo detto dianzi, il nostro globo, sospeso in mezzo a questi spazî coll' atmosfera per inviluppo diatermano, cesserebbe di raffreddarsi quando fosse meno in equilibrio con questa temperatura.

Ma tale « calore » sarebbe un vero freddo, incomparabilmente più vigoroso di tutti quelli de' ghiacci del polo, ed avrebbe spento la vita terrestre perfino nelle sue radici.

Nè la temperatura dello spazio, nè quella del globo non hanno dunque un' influenza sensibile per ora sulla superficie della terra, ed è il calore solare che regola la circolazione dell' aria, delle acque, degli elementi, della vita intiera, come lo constateremo più precisamente nel capitolo che segue.

CAPITOLO II.

Il calore nell' atmosfera.

L'OFFICINA E LA FORZA — IL VAPORE ACQUEO — FUNZIONE DELL'ATMOSFERA NELL'ASSORBIMENTO DEL CALORE — LE ATMOSFERE PLANETARIE — DECRESCENZA DELLA TEMPERATURA SECONDO L'ALTEZZA.

Ciò che importa ora di comprendere si è il modo onde apprezzare giustamente quale quantità dell' immensa irradiazione calorifica incessantemente emanata dal focolare del sole, trovisi in giuoco nell'atmosfera e ne regoli la circolazione.

La meteorologia non è che un grande problema di fisica: trattasi di determinare le leggi regolatrici del mondo con cui si distribuiscono nella nostra atmosfera il calore, la pressione barometrica, il vapore acqueo e l' elettricità, il tutto in rapporto coi movimenti che il calore

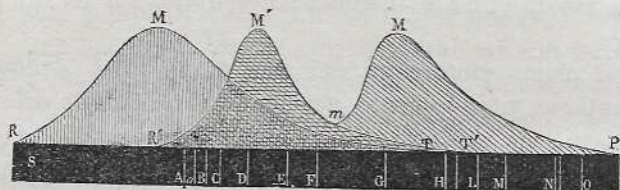



Fig. 98. — Intensità relativa dei raggi solari, calorifici, luminosi e chimici.

del sole genera nello strato superficiale solido, liquido e gasoso del nostro globo. Tale problema, per quanto sia vasto, dice il nostro illustre corrispondente dell'Osservatorio di Roma, il padre Secchi, in fondo non è che un'applicazione delle più note leggi di fisica; le difficoltà della soluzione nascono piuttosto dal gran numero delle cause perturbatrici e dalle incalcolabili reazioni degli effetti sulle cause, che da una vera lacuna nella teoria generale. Da qui la necessità dei numerosi dati esperimentali per giungere alla soluzione.

L'atmosfera è in realtà un' immensa macchina, all'azione della quale è subordinato tutto quanto ha vita sul nostro pianeta. Se in tale mac-

china non vi sono nè ruote, nè stantuffi, nè ingranaggi, essa non ristà per questo dal fare il lavoro di parecchi milioni di cavalli, lavoro che ha per iscopo e per effetto la conservazione della vita.

Tutti i movimenti dell' atmosfera sono conseguenza della proprietà dei gas di dilatarsi per il calorico. Siffatte variazioni di volume, e quindi di densità, turbano ad ogni momento l'equilibrio che tenderebbe a stabilirsi nell'aria atmosferica. L'aria riscaldata nelle zone equatoriali s' inalza nelle regioni superiori per ridiscendere presso ai poli; quivi si raffredda, ritorna all' equatore e comincia di bel nuovo il suo movimento di circolazione. Immenso è il lavoro in tal guisa compiuto dall' atmosfera. Le nostre flotte solcano il mare sulle ali del vento, ed il grazioso soffio dei zeffiri, del pari che lo scatenamento degli uragani, sono effetto della potenza solare concentrata nella gigantesca officina dei gas.

A tale proprietà dell'aria un'altra se ne aggiunge di non minore importanza: quella di sciogliere il vapore acqueo, il quale, sollevandosi in prodigiosa quantità nei paesi equatoriali, viene appresso distribuito su tutte le latitudini in pioggia vivificante. Così pure compiesi un altro lavoro non meno vasto e potente: la distribuzione delle acque pluviali sulla superficie del globo. Le acque correnti che fanno muovere le nostre macchine sono state dapprima sollevate nell'aria da questo potente congegno: di là cadono sulle montagne in forma di pioggia, e scorrono poi nei nostri fiumi per versarsi finalmente in quello stesso oceano d'onde sono partite. Chi ha visitato le gigantesche cascate del Niagara ne conserva un commovente ricordo; eppure esse non sono che una frazione assolutamente insignificante di quanto accade ogni giorno nell' atmosfera.

Il Sole è il primo motore da cui dipendono tutti i movimenti del sistema planetario, non soltanto per la regolarità delle orbite descritte dai diversi astri, ma eziandio pei fenomeni fisici e fisiologici che compionsi alla loro superficie. Sulla terra specialmente, i movimenti atmosferici, i corsi delle acque, lo sviluppo della vegetazione, la produzione della forza che risulta dalle combustioni e dalla nutrizione degli animali, tutti codesti fenomeni sono dovuti all' influenza delle irradiazioni solari.

È la forza del Sole che, dilatando l' aria in certe regioni, la solleva in considerevoli masse, e produce così un vuoto cui altre masse gasose vanno rapidamente ad empire; da ciò le correnti atmosferiche e l' azione potente del vento che trasporta i nostri vascelli sui mari È la forza emanata dal Sole che solleva le acque sotto forma di vapore e le lascia poi ricadere in pioggia benefica, destinata a fecondare le campagne. Gli è ancora al Sole che dobbiamo i ruscelli che ci dissetano e i fiumi le cui acque fanno movere le officine; esso, col vapore tolto all' Oceano,

alimenta le nevi che solidificano l'acqua sulla vetta delle montagne per distribuirla al minuto e produrre il movimento, la fecondità, la vita.

Quanto può sembrarci ancor meglio ordinato, è la maniera con cui questa forza calorifera trovasi, per così dire, raccolta nei vegetali, non solamente in quelli che servono ai nostri usi ed alla nostra alimentazione, nel medesimo tempo che ornano ed abbelliscono la terrestre dimora, perchè sono tuttora vivi, ma benanco in quelli che, sepolti da milioni d'anni nelle viscere del globo, ne escono adesso per riscaldarci e per produrre la forza motrice necessaria alle macchine. Ogni pianta è una vera macchina, nella quale lavoransi le sostanze eminentemente combustibili che servono a fornirci, durante l'assenza del Sole, il calore e la luce, ovvero a produrre, servendoci di alimento, la forza ed il calor vitale di cui abbisogniamo. È dunque dal Sole in ultima analisi, dice il padre Secchi, che dipendono tutti i fenomeni della natura e la nostra esistenza medesima.

Ciò che colpisce a prima vista nell'irradiamento solare è la luce che ne illumina ed il calore che ne riscalda; ma oltre questi due ordini di fenomeni, havvene un terzo non meno importante: cioè le azioni chimiche che accompagnano gli altri due. E però devonsi distinguere tre ordini di azioni nella potenza solare: i raggi *luminosi,* i raggi *calorifici* e i raggi *chimici.* I primi danno alla natura la bellezza dell'eterna gioventù; i secondi danno al mondo la forza e il valore; i terzi tessono la trama ognora rinascente della vita planetaria.

Tutti sanno che per analizzare un raggio lo si fa passare attraverso un prisma triangolare di vetro, all'uscir dal quale il raggio vien decomposto in un nastro colorato, siccome abbiamo già veduto studiando l'arcobaleno. Ma lo spettro visibile non è la sola cosa che esista in un raggio di sole. Il nastro multicolore si prolunga ad ogni estremità in un nastro invisibile. Le onde, la cui lunghezza è compresa fra i 768 e i 369 milionesimi di millimetro, sono capaci di far vibrare il nostro nervo ottico; tali vibrazioni sono comprese fra i 394 e i 758 trilioni per minuto secondo; esse producono così la sensazione della *luce;* la diversità dei colori non dipende che dalla lunghezza delle onde; le più grandi riscontransi nel rosso e vanno decrescendo verso il violetto. A sinistra dell'estremità rossa dello spettro sonvi le onde lunghe e lente del calore. A destra dell'estremità violetta stanno le onde corte e rapide dell'azione chimica. Il nostro occhio non vede nè le prime, nè le seconde, esse vengono riconosciute col mezzo delle preparazioni fotogeniche e delle sostanze impressionabili.

Tuttavia, in realtà, non esiste in natura che una sola ed unica serie di onde, la cui lunghezza va sempre decrescendo, dall'estremità dello spettro calorifero oscuro fino all'estremità dello spettro chimico nella

sua parte invisibile. Tra questi due estremi, soltanto una porzione limitatissima gode la proprietà di scuotere il nostro nervo ottico.

La figura 99 mostra l'estensione e l'intensità relativa di queste differenti azioni separate l'una dall'altra come ce le presenta l'azione dispersiva dei prismi. La zona che forma la base di questa figura indica la lunghezza dello spettro solare. Da A a H è la parte *luminosa;* a destra, da H a P è la parte *chimica invisibile;* la sinistra, da A a S, è la parte *calorifera* egualmente *invisibile.* Le curve tracciate al disopra fanno conoscere le intensità relative di ogni irradiazione nelle diversi parti dello spettro. L'intensità della luce è rappresentata dalla curva $R'M'T'$, quella dell'azione chimica da $mM\,P$, quella dei raggi caloriferi da RMT.

Perciò noi non vediamo tutto quello che accade nella natura. I raggi luminosi sono i soli che vediamo. I raggi calorifici e i chimici agiscono ma senza essere da noi percepiti. Noi viviamo in mezzo ad un immenso mondo invisibile.

Il potere illuminante dei varî raggi consiste nell'attitudine più o meno grande ch'essi possiedono di scuotere il nervo ottico dell'uomo. È probabile che la facoltà di percepire i fenomeni luminosi non presenti la medesima scala per tutti, e sia molto più estesa in certi animali che non nell'uomo, vuoi dalla parte del rosso, vuoi da quella del violetto. L'acqua pura possiede un potere assorbente considerevolissimo pei raggi termici. Gli umori contenuti nell'occhio poco differiscono dall'acqua pura, e ciò è quanto rende insensibile l'organo della vista ai raggi calorifici.

L'estensione delle onde luminose sensibili all'occhio corrisponde per l'ordinario a quanto chiamasi in acustica un'ottava, dimodochè l'uomo non è messo in relazione colla natura che per una debolissima parte delle irradiazioni solari. E tuttavia, che immense varietà di sensazioni, che bellezza di contrasti! Senza entrare nelle considerazioni estetiche, è impossibile di non far qui un'importante osservazione: per molto tempo si è creduto che l'irradiazione luminosa fosse il solo modo d'azione del Sole sul mondo; eppure essa è affatto secondaria e di poca importanza, paragonata alle altre irradiazioni. Che sono dunque le impressioni prodotte sulla materia delicata della nostra retina, se le mettiamo a confronto colle modificazioni che il calore fa provare a tutti i corpi e colle azioni molecolari dai raggi chimici prodotte?

I gas possiedono la facoltà di assorbire i raggi *calorifici,* e per conseguenza la nostra atmosfera assorbe una considerevolissima porzione di tali raggi. Le onde più lunghe sono quelle che sono assorbite più facilmente; per cui molti dei raggi meno rifrangenti che cadono sulla nostra atmosfera vengono arrestati e non giungono fino a noi.

L'assorbimento prodotto dai gas semplici, ossigeno e azoto, è ecces

sivamente debole: facendosi cambiare la pressione da 5 a 760 millimetri, questo medesimo assorbimento varia press'a poco nel rapporto di 1 a 15. Non avviene lo stesso dei gas composti che sono nella nostra atmosfera, come l'acido carbonico, il vapore acquoso, l'ammoniaca ed alcuni altri. Il professore P. M. Garibaldi, di Genova, ha provato con perentorie esperienze che, per una pressione di 760 millimetri, siffatti gas hanno poteri assorbenti rappresentati dai seguenti numeri:

Aria atmosferica	1
Acido carbonico	92
Ammoniaca	546
Vapore acquoso	7937

Una quantità di vapore acquoso capace di produrre una pressione di 9 a 10 millimetri, esercita già un assorbimento cento volte maggiore di quello dell'aria atmosferica.

Onde, una porzione considerevole di raggi oscuri partiti dal Sole è intercettata dal vapore acquoso contenuto nell'aria senza poter giungere fino alla superficie terrestre; tale assorbimento è più notevole pei raggi luminosi, poichè le onde, mano mano che la loro lunghezza diminuisce, acquistano la proprietà sempre più grande di attraversare i mezzi trasparenti.

Si possono separare i raggi luminosi dai raggi calorifici allo scopo di misurare il rispettivo valore. Per ottenere simile risultato si fa passare un fascio di raggi solari attraverso uno strato di solfuro di carbonio contenente del jodio in soluzione. I raggi diventano invisibili senza perdere il loro potere calorifico, e se il vaso che contiene tal soluzione ha la forma di lente convergente, al fuoco invisibile di questa lente si sviluppa una temperatura elevata abbastanza per determinare l'infiammazione dei corpi combustibili (1). Il rapporto delle irradiazioni luminose alle irradiazioni oscure è uguale a $^{13}/_{320}$ per il platino incandescente. Pel Sole, il calore che accompagna la parte luminosa è soltanto $^{1}/_{9}$ di quello che trovasi nella parte oscura.

L'atmosfera terrestre, assorbendo tanta porzione di raggi solari, non li annienta, ma li tiene in serbo per adoperarli più tardi a nostro vantaggio. Essa agisce appunto come una *serra,* cioè lascia arrivare i raggi calorifici fino alla Terra, e si oppone poi a che se ne vadano di bel nuovo a perdersi nello spazio. I raggi aventi onde lunghissime non sono più atti ad attraversare l'atmosfera; il che produce un accumularsi di calore negli strati più bassi. Inoltre la irradiazione notturna è notevol-

(1) Il professore Tyndall ha posto un giorno il suo occhio al fuoco di una lente, e la retina non ha subito nessuna influenza luminosa. Eppure i raggi calorifici erano sì ardenti che una foglia di metallo è stata immediatamente arroventata là dove l'occhio non aveva sentito nulla!

mente diminuita dalla presenza dell' aria atmosferica, e perciò trovasi rallentato e diminuito il raffreddamento del globo e delle piante ch' esso nutre. Il vapore acquoso agisce con grandissima efficacia, e uno strato umido che abbia soltanto alcuni metri di spessore arresta il raffreddamento notturno, del pari che lo arresta l' atmosfera tutta quanta.

Ma lo spettacolo che qui deve maggiormente colpirci è l' assorbimento di calorico che accompagna la trasformazione dell' acqua in vapore. L' acqua evapora in considerevole massa, sopratutto nelle regioni equatoriali, ed assorbe così gran quantità di calore di evaporazione che resta latente. Abbisogna tanto calore per evaporare un chilogrammo d' acqua, quanto ne necessita per riscaldare di un grado 537 Kg. d' acqua! Il vapore acquoso assorbe questa enorme proporzione di calore che però restituisce integralmente quando ritorna allo stato liquido, ossia in pioggia. Tal calore è destinato ad essere trasportato verso le più lontane latitudini, e a stabilire nell' inviluppo atmosferico che circonda il globo un' eguaglianza di temperatura, cui l' irradiazione diretta non potrebbe da sè stessa produrre. La quantità di calore che passa così dall' equatore al polo non la si può imaginare.

Osservazioni numerose e precise abbastanza ci hanno insegnato che, nelle regioni equatoriali, l' evaporazione ruba ogni anno uno strato d' acqua di 5 metri almeno di spessore. Supponiamo che nelle medesime regioni cada annualmente uno strato di pioggia di 2 metri, rimane ancora una quantità d' acqua rappresentata da uno strato di 3 metri, e che deve passare, allo stato di vapore, nelle contrade più prossime ai poli. Si può valutare a 70 milioni di miglia geografiche la superficie sulla quale producesi l' evaporazione: e, partendo da questo dato, trovasi che lo strato di 3 metri rappresenta un volume d' acqua pari a 721 trilioni di metri cubi (721×10^{12}). La quantità di calore contenuto in questa massa di vapore sarebbe capace di liquefare montagne di ferro il cui volume misurasse undici miliardi di metri cubi.

Questa massa enorme di calore passa per così dire *incognitamente* dall' equatore ai poli, trasportata dall' azione del vapore, e questo trasformandosi in acqua e in ghiaccio, lascia sfuggire tutto il calore che aveva assorbito, e contribuisce così a mitigare il clima di quelle desolate regioni. I raggi solari sono come un congegno di carrucole e di corde, tirate incessantemente da mani invisibili, occupate ad inalzare secchì d' acqua fino all' altezza delle nubi. Il comandante Maury fa notare che non si sarebbe mai ottenuto un risultato simile con un gas propriamente detto, poichè, per trasportare col mezzo dell' *aria* sola la medesima quantità di calore, sarebbe stato mestieri riscaldarla fino alla temperatura delle fornaci.

In tal modo si distribuisce il calore nell' atmosfera. In tal modo si preparano le nubi e le pioggie di cui parleremo tra breve.

Lo spessore degli strati d' aria attraversati dai raggi solari influisce notevolmente sul calore e sulla luce ricevuti. Siccome invece di scendere in senso verticale verso la terra, i raggi calorifici arrivano obliquamente, la perdita è altrettanto maggiore quanto più pronunciata è l' obliquità dei raggi. Questa perdita venne sottomessa a diversi calcoli: le due formole che pare s' accordino maggiormente sono quelle di Bou-

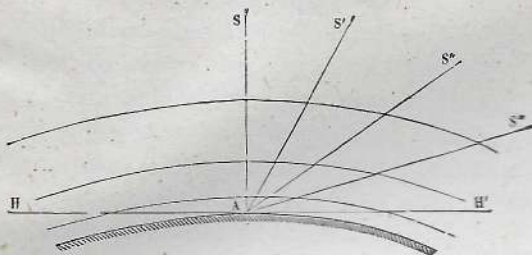



Fig. 99. — Ineguaglianza dello spessore d'aria attraversato dal sole a norma delle sue posizioni.

guer e di Laplace. Adoperando tali formole, si giunge ai seguenti risultati sullo spessore degli strati d' aria per diverse altezze del Sole:

Altezza sull'orizzonte.	Distanza allo zenit.	Spessore degli strati d'aria.
90°	0	1,00
70	20	1,06
50	40	1,30
30	60	1,99
20	70	2,90
15	75	3,80
10	80	5,51
5	85	10,21
4	86	12,15
3	87	14,87
2	88	18,88
1	89	25,13
0	90	35,50

Vedesi che rappresentando con 1 lo spessore dell' atmosfera attraversata da un raggio di sole allo zenit, lo spessore attraversato dai raggi del Sole all orizzonte è più di 35 volte maggiore. Codesta differenza è assai più sentita che non si possa indicarlo in una figura di dimostrazione come sopra (fig. 99).

Il primo risultato di siffatta ineguaglianza è che la luce del Sole si indebolisce sempre più a misura che l' astro del giorno è più obliquo sulla verticale. Allo zenit e nelle altezze del cielo, il Sole è sfolgoreggiante, e nessun occhio umano potrebbe sostenerne lo splendore. Al suo nascere e al suo tramonto noi non possiamo fissare gli sguardi su

disco infocato senza restarne acciecati. Le stelle non sono visibili che ad una data altezza, e non si vedono levarsi e tramontare se non quelle di prima grandezza. Dietro le ricerche di Bouguer, se l'intensità luminosa del Sole fuori dell'atmosfera si rappresenta colla cifra 10 000, la sua intensità nei diversi punti al disopra dell'orizzonte è rappresentata dalle seguenti cifre:

Allo zenit	8123
A 50 gradi	7624
A 30 »	6613
A 20 »	5474
A 10 »	3149
A 5 »	1201
A 4 »	802
A 3 »	454
A 2 »	192
A 1 »	47
A 0 »	6

Vale a dire che allo spuntare del sole ed al tramonto il grand'astro pare 1354 volte meno brillante che allo zenit e 1300 volte meno che alla sua altezza di mezzogiorno sul nostro orizzonte al solstizio d'estate. Questi paragoni suppongono un cielo puro, e variano quindi giusta lo stato più o meno nebbioso dell'atmosfera.

Il calore varia come la luce, a seconda dell'obliquità. Le più esatte osservazioni ci provano che l'atmosfera assorbe, seguendo la verticale, i $^{28}/_{100}$ del calore che cade sulla sua superficie, e l'assorbimento totale nell'emisfero illuminato è press'a poco uguale ai $^{3}/_{5}$ del calore incidente; dimodochè, alle differenti altezze, la parte trasmessa è rappresentata come segue:

Altezza.	Quantità trasmessa.
Allo zenit	0,72
A 70 gradi	0,70
A 50 »	0,64
A 30 »	0,51
A 10 »	0,16
A 0 »	0,00

La spaccato della figura 100 dimostra chiaramente che l'assorbimento è considerevole per l'orizzonte *H* o *H'* degli osservatori *B* e *C*, pei quali il Sole si leva e tramonta, ed è debole per lo zenit del punto *A*.

Abbiamo or ora veduto non essere l'aria per sè stessa, ossia il miscuglio formato dai gas ossigeno e azoto, che assorbe la maggior quantità di calore, sibbene il vapore acquoso che c'è nell'aria, in proporzioni per altro molto variabili.

I raggi luminosi passano quasi intieramente e penetrano fino al

suolo; i calorifici, al contrario, vengono assorbiti in larga proporzione. Dunque se l' atmosfera impedisce a buona parte del calor del Sole di giungere alla superficie del nostro globo, per compenso ha la proprietà di ritenere quello che è pervenuta a scaldarla. Siccome senza l' atmosfera e senza il vapore acquoso ch' essa contiene, l' irradiamento del suolo si effettuerebbe quasi senza ostacolo verso lo spazio interplanetario, lo sperdimento sarebbe enorme, come del resto accade nelle alte regioni. Non appena tramontato il Sole, un rapido raffreddamento succederebbe all' intenso calore dei raggi solari diretti; in una parola, tra il massimo ed il minimo di temperatura, sia diurna, sia mensuale, sarebbonvi enormi differenze. Ciò è quanto accade sugli altipiani del Thibet, e quanto spiega il rigore dei verni e l' abbassamento delle linee isotermiche in quelle regioni. Tyndall dice assai giustamente: « Se in una sola notte estiva accadesse la soppressione del vapore acquoso contenuto nell' atmosfera che copre l' Inghilterra (e ciò è vero per tutti i paesi posti su zone simili) verrebbero distrutte tutte le piante che il gelo fa perire. Nel Sahara, dove il *suolo è di fuoco ed il vento di fiamma,* il freddo della notte è spesse volte assai penoso a sopportarsi. In quella regione sì calda, vedesi spesso formarsi il ghiaccio durante la notte. »

Fig. 100.
Assorbimento del calore solare operato dall' atmosfera.

L' umidità non è sparsa in egual proporzione in tutta l' altezza dell' atmosfera. Al libro V vedremo ch'essa diminuisce al di là d' una certa altezza. Il calore *tanto meglio attraversa l'aria quanto meno umidità essa racchiude.* Essa quindi rimane fredda, lasciando passare il calore.

Quando si sono oltrepassate le regioni inferiori dell' atmosfera, e in generale l' altezza di 2000 metri, non si può fare a meno di constatare il sensibilissimo aumento del calore del sole relativamente alla temperatura dell' aria ambiente. Tal fatto non mi ha mai tanto impressionato quanto un' ascensione aeronautica, il 10 giugno 1867, allorchè, trovandoci alle 7 del mattino all' altezza di 3300 metri, abbiamo veduto, durante mezz' ora, 15 gradi di differenza tra la temperatura dei nostri piedi e quella delle nostre teste; o, per dir meglio, tra la temperatura dell' interno della navicella (ombra) e quella dell' esterno (sole). Il termometro all' ombra segnava 8 gradi, e quello al sole ne segnava 23. Mentre i nostri piedi soffrivano questo freddo relativo, un Sole ardente ne bruciava il collo, le gote, ed in generale le parti del corpo direttamente esposte ai raggi solari. L' effetto di questo calore è ancora aumentato dalla mancanza della più leggiera corrente d' aria.

In un' ascensione posteriore a questa, ho provato nel medesimo tempo la singolare differenza di 23 gradi fra la temperatura dell' ombra e quella del sole, all' altezza di 4150 metri. Il primo termometro segnava 9°,5 sotto zero; il secondo, + 10°,5. Tuttavia tal fatto mi colpì meno del primo, perchè avevo imparato a studiarlo.

Questo divario nel rapporto della temperatura dell' aria e quella di un corpo esposto al sole si accusa e si manifesta in ragione del decrescere dell' umidità. L' irradiazione solare, la differenza tra il calore direttamente ricevuto dall' astro luminoso e la temperatura dell' aria, *aumenta* a misura che *diminuisce* la quantità del vapore acquoso sparso nell' atmosfera. Questa permanente constatazione della trasparenza dell' aria priva di acqua pel calore, stabilisce essere il vapore quello che ha la parte maggiore dell' azione di conservare il calor del sole alla superficie del suolo.

Simili risultati osservati in pallone, devono esser meglio scevri d' ogni estranea influenza di quelli provenienti da osservazioni fatte sulle montagne, poichè, nell'ultimo caso, la presenza delle nevi e dell' irradiamento dev' essere di effetto costante, mentre le osservazioni aeronautiche compionsi in regioni assolutamente libere.

L'influenza dell'altitudine sull'intensità dell'azione calorifica del Sole, in punti le cui projezioni del suolo distano poco fra esse, è stata recentemente studiata con molt' attenzione da Desains e da un suo collaboratore, da una parte a Lucerna, allo Schweizerhoff, da un' altra all' albergo del Righi-Culm, circa 1450 metri al disopra del lago. Tali esperienze hanno mostrato che alla stessa ora ed a parità in tutto, l' irradiazione solare era più intensa sulla vetta del Righi che a Lucerna, ma che vi era meno facilmente trasmissibile attraverso l' acqua e l' allume. Ecco dei numeri:

Il lunedì 13 settembre 1869, alle 7.45 del mattino, con un bellissimo tempo, l' azione dei raggi solari sulla cima del Righi imprimeva all' ago dell' apparecchio una deviazione di 27°,2. A Lucerna, nel medesimo istante, un secondo apparecchio accusava una deviazione di 22°,5. Esprimendo tali risultati in centesimi, giungesi alla conclusione che quel giorno i raggi solari attraversando, sotto un angolo di 70 gradi circa colla normale, lo strato d' aria compreso tra il livello del Righi Culm e quello di Lucerna, soffrivano in quel passaggio una perdita del 7 per 100.

Da tali considerazioni si scorge che le temperature terrestri non dipendono soltanto dalla quantità di calore ricevuta dal Sole, ma altresì, e specialmente, dalla differenza dei *poteri assorbenti* dell' aria sui raggi delle fonti luminose ed oscure. Accade lo stesso negli altri pianeti, e l' influenza delle armosfere è sì grande, che a malgrado della sua vicinanza col Sole, Mercurio può avere una temperatura analoga a quella

della Terra, se lo strato di gas che lo circonda è costituito nel modo medesimo, e Giove può offrire alla sua superficie climi altrettanto caldi quanto i nostri, ad onta della sua lontananza.

L'analisi spettrale della luce, che riscontra nel raggio decomposto di una fiamma gli elementi che la costituiscono inscritti in caratteri indelebili, ha potuto recentemente determinare la natura delle atmosfere planetarie. Esaminando allo spettroscopio il raggio venuto da un fuoco acceso ad alcune leghe di distanza, si è potuto affermare che l'aria attraversata da questo raggio assorbe in parte la luce ed interpone un velo, o per dir meglio un tessuto di linee diversamente disposte, di cui alcune sono dovute all' ossigeno, altre all' azoto, altre al vapore acquoso, altre ancora all'acido carbonico, all'ammoniaca, al jodio. Siffatto metodo cotanto ingegnoso permette di constatare la quantità di vapore acquoso esistente nei luoghi in cui si fa l'esperienza. Istessamente, se si esamina il raggio venuto da altro pianeta, come sarebbe Venere, Marte o Giove, notasi che i raggi solari cui essi si riflettono sono modificati da un tessuto di linee dipendenti dalle loro atmosfere attraversate da tali raggi. Ond' è che fu verificata l' esistenza già astronomicamente indicata di atmosfere alla superficie dei pianeti, ed inoltre si è trovato esservi del vapore acquoso nei tre sopra nominati.

Simili risultati debbonsi sopratutto agli ingegnosi lavori del mio dotto collega Janssen. In Giove ed in Saturno si è notato inoltre la illeggibile indicazione di un elemento gasoso che non esiste nella nostra atmosfera.

Il vapore acquoso sparso nell' atmosfera fa la parte principale, dal punto di vista della distribuzione della temperatura. Nell' atmosfera tranquilla che involge il globo terrestre, v' ha di continuo un' azione lenta e silenziosa, la quale si opera invisibilmente innanzi alle nostre cieche pupille, ed è sì formidabile, che nessun calcolo umano varrebbe a rappresentarla. In confronto all' opera permanente di tale potenza, l'ossigeno e l'azoto non sono più nulla, ed i milioni di tonnellate d'acido carbonico che abbruciano nella vita vegetale ed animale scompajono come lieve ombra.

Il vapore acquoso, leggiero e trasparente che s' inalza dal limpido lago, la nebbia che ondeggia sui mari, la rugiada del mattino che stilla sui fiori, le nube bianchi o rossastre del cielo, la pioggia o la neve, il torrente che scende dalla montagna, la sorgente che dolce rumoreggia in fondo ai boschi, il ruscello che mormora, i giganteschi fiumi che attraversano le nazioni dalla calda sorgente minerale fino al ghiaccio sospeso sulle creste delle Alpi ; dalla gocciolina d'acqua sorbita dalla rondinella che rasenta il rio, fino alla negra ed orribile nube carica di lampi, tutto ciò insieme, tutto questo vasto sistema della circolazione dell'elemento liquido alla superficie del globo, rappresenta il lavorìo

d'una fantastica fucina, di cui non ci darebbero che una debolissima idea le opere del pandemonio di vulcano in fondo al Tartaro. Rappresentiamoci la Francia solcata da innumerevoli fiumi, i quali mettono in moto milioni di molini, e coperta da una fitta rete di strade ferrate, occupata da migliaja di locomotive che circolano giorno e notte; or bene, tutto il rumore, tutto il movimento, tutto il lavoro compiuto da questi molini e da queste macchine istancabili, non rappresenterebbe che un gioco fanciullesco a petto dell'azione della natura nel sistema di circolazione delle acque.

Abbiamo detto più sopra quale sia il lavoro fatto dalla semplice evaporazione delle acque dei mari sotto l'azione dei raggi del Sole; abbiamo constatato che la massa d'acqua evaporata s'inalza a 721 trilioni di metri cubi (721 000 000 000 000). L'enorme quantità di calore che produce con tale effetto potrebbe fondere ogni anno 11 miliardi di metri cubi di ferro, ossia un cumulo il cui volume uguaglierebbe parecchie volte quello della massa delle Alpi.

Ecco il gigantesco lavoro che si compie per la forza del calore solare. Ma il valore infinitesimale prodotto dalla stessa instancabile cagione non è meno meraviglioso.

Un moto perpetuo si fa incessantemente nell'intiera natura, moto che non si apprezza ed a cui non si pensa neppure, e tuttavia questo movimento è sì considerevole, che se i nostri sensi ci permettessero di percepirlo, ne saremmo davvero spaventati. Ad ogni istante, mille urti di svariata intensità colpiscono il nostro corpo.

Siamo in campagna, in mezzo a praterie o sul versante di una boschiva collina? L'aria, che è sempre in moto, costituisce allo stato di vento o di brezza insensibile un primo movimento generale che ci investe in un immenso effluvio. Il calor del Sole, o semplicemente la temperatura ambiente, inalza intorno a noi degli strati di varia densità succedentisi giusta le leggi del calorico.

La luce incrocia davanti a noi, attraverso i nostri occhî, dietro le nostre spalle, sulle nostre teste, in ogni senso, milioni di raggi, i quali agiscono sull'etere invisibile per mezzo di sì rapide vibrazioni, che ogni secondo ne racchiude tre trilioni per un solo raggio, e ciò di continuo. I colori degli oggetti che ne circondano, delle piante, dei fiori, del cielo, delle acque, intrecciano le loro fluttuazioni rapide e innumerevoli. I rumori, prossimi o lontani, sviluppano nell'aria le onde sonore successive che, simili a cerchî, descrivono mille curve invisibili, intrecciate insieme ma non confuse. L'augello che canta, la ghianda che cade dalla quercia secolare, il taglialegna che lascia cadere i suoi colpi, la lavandaja alla fontana, sono altrettanti centri di movimenti ondulatorî. Il calore proprio del nostro corpo forma in noi un centro di irradiazione, e sempre definite quantità di calore escono da tutta la no-

stra persona, quantità che tosto verrebbero segnate dal termometro. Nel nostro organismo, inoltre, il battito del cuore non cessa neppure un secondo, la circolazione del sangue nelle arterie ed il suo ritorno al cuore per mezzo delle vene si perpetua immancabilmente, mentre in pari tempo, pel gioco alternativo della respirazione, i nostri polmoni si occupano a distribuire al corpo la quantità di ossigeno che gli abbisogna.

Siamo invece nella nostra camera, tranquillamente sdrajati in una sedia a bracciuoli, coi piedi sugli alari del camino e con un libro in mano? Gli stessi movimenti testè citati compionsi intorno a noi e in noi medesimi. Non possiamo avvicinare il piede al fuoco senza che un sistema di movimenti invisibile non si crei immediatamente fra il piede nostro ed il carbone ardente. Non si può toccare col dito la tastiera del pianoforte senza che una serie di onde sonore riempia il nostro appartamento (e spesso anche si faccia udire a troppo grandi distanze pei vicini!). Non si può discorrere nemmeno a bassa voce, senza che l'aria sia attraversata da vibrazioni sferiche. E però noi viviamo, senza neppure pensarci, in mezzo a miriadi di miriadi di movimenti effettuati sempre e sempre rinnovati nell'atmosfera, nel cui seno respiriamo, viviamo ed operiamo.

Se la natura, dice A. di Humboldt, avesse dato ai nostri occhi la potenza del microscopio, e ai tegumenti delle piante una perfetta trasparenza, il regno vegetale sarebbe assai lungi dall'offrire l'aspetto di immobilità che ci sembra altro de' suoi attributi. Nell'interno, il tessuto cellulare degli organi è senza posa percorso e vivificato dalle più diverse correnti. Tali sono le correnti di rotazione che salgono e discendono, ramificandosi e cambiando di continuo la direzione. Tale è pure il formicolìo molecolare scoperto dal grande botanico Roberto Brown, e di cui qualsiasi materia, per quanto ridotta ad uno stato di estrema divisione, deve presentare indubbiamente qualche traccia. A queste correnti ed a quest'agitazione delle molecole aggiungansi i fenomeni dell'endosmosi, della nutrizione e del crescere dei vegetali, come pure le correnti formate dai gas interni, e si avrà un'idea delle forze che agiscono, quasi a nostra insaputa, nella vita dei vegetali, vita che a noi sembra tanto pacifica.

Così lavora instancabilmente il calor solare assorbito dall'aria atmosferica sotto la quale respira il nostro pianeta.

Dopo di avere apprezzata l'opera del calore solare attraverso l'atmosfera ed alla superficie del globo, dobbiamo ora completare questa prima esposizione sommaria, notando che la potenza di tal calore diminuisce mano mano che c'inalziamo nel suo seno. La temperatura decresce in proporzione analoga, che misureremo con tutta la possibile esattezza, come abbiamo fatto per la diminuzione della pressione atmosferica. Dopo le indicazioni del barometro, ecco quelle del termometro.

Quando c'inalziamo in pallone verso un cielo nuvoloso, la temperatura di solito si abbassa finchè arriviamo alle nubi; queste oltrepassate, osserviamo sempre un'elevazione di alcuni gradi; poi la temperatura va di nuovo abbassandosi. Quando si ascende con un cielo sereno, mentre il restante è nelle stesse condizioni, la temperatura iniziale è più elevata che nel caso precedente, e la differenza vien misurata press' a poco dall'elevazione che si osserva all' uscir dalle nubi. La diminuzione di calore non è mai regolare assolutamente; quasi sempre trovansi nell'atmosfera strati d'aria calda, e talvolta se ne riscontrano quattro o cinque successivamente fino a grandi altezze. Questo alternarsi, come questa variabilità del cielo, non impediscono la manifestazione di un fatto generale: quello della decrescenza della temperatura quanto più si ascende.

Ecco il risultato della serie di osservazioni da me fatte in proposito nelle mie seicento leghe di viaggi aeronautici:

« La decrescenza della temperatura dell' aria, che rappresenta una parte sì importante nella formazione delle nubi e negli elementi della meteorologia, segue tutt'altro che una via regolare e costante. Essa varia a seconda delle ore, delle stagioni, dello stato del cielo, dell'origine dei venti, dello stato del *vapore acquoso*, ecc. Soltanto col mezzo di un numero grandissimo di osservazioni si potrà giungere a stabilire una regola determinata, poichè l' azione delle varie cause secondarie agisce sempre e dev' essere innanzi tutto conosciuta ed eliminata.

« Da 550 osservazioni aerostatiche fatte in tali dissimili condizioni, e tuttavia in condizioni meno cattive di quelle delle osservazioni fatte sulle montagne, risulta che la decrescenza della temperatura dell' aria differisce dapprima secondochè il cielo è puro o coperto; essa è più rapida quando il cielo è puro; è più lenta quando il cielo è coperto.

« In un cielo puro, l'abbassamento medio della temperatura è stato trovato di 5 gradi pei primi 500 metri partendo dalla superficie del suolo; di 7 gradi per 1000 metri; di 10°,5 per 1500 metri; di 13 gradi per 2000 metri; di 15 gradi per 2500 metri; di 17 gradi per 3000 metri; di 19 gradi per 3500 metri. Media: 1 grado ogni 189 metri.

« In un cielo nuvoloso, l'abbassamento della temperatura è stato trovato di 3 gradi pei primi 500 metri; di 6 gradi per 1000 metri; di 9 gradi per 1500 metri; di 11°,5 per 2000 metri; di 16 gradi per 3000 metri; di 18 gradi per 3500 metri. Media: 1 grado ogni 194 metri.

« La temperatura delle nubi è superiore a quella dell' aria situata al disotto e al disopra.

« La decrescenza è più rapida nelle regioni prossime alla superficie del suolo, e rallenta a misura che si ascende.

« La decrescenza è più rara alla sera che non alla mattina, e durante le giornate calde che non durante le fredde.

« Incontransi talvolta nell'atmosfera regioni più calde e più fredde della media dell'altitudine, e che attraversano l'atmosfera come fiumi aerei. Queste variazioni non impediscono però che la legge universale più sopra enunciata sia l'espressione della realtà.

« La differenza tra le indicazioni del termometro all'ombra e quella del termometro al sole aumenta mano mano che si va più in su nelle altezze dell'atmosfera » (1).

Così il risultato generale di queste ascensioni aeree è che la temperatura scema di 1 grado ogni 191 metri d'altezza circa, ora un po' più, ora un po' meno.

Il risultato delle celebri e numerose osservazioni aerostatiche di Glaisher è poco diverso da questo.

Le ascensioni di montagne hanno fornito certo numero di dati importanti, tra cui è necessario considerare i seguenti:

Humboldt ha trovato che la diminuzione, nell'America meridionale, era di un grado per 191 metri nelle montagne e di 243 metri sugli altipiani. Una serie di luoghi nell'India meridionale dà 177 metri; nel settentrione dell'Indostan, all'incontro, 226 metri, numero che s'avvicina a quello osservato da Humboldt nell'America per gli altipiani. Ovunque giungesi a differenze di livello analoghe: 247 metri nella Siberia occidentale, numero che si cambia in 243, se il confronto comprende i luoghi elevati dell'India settentrionale. Agli Stati Uniti trovansi 222 metri per 1 grado (2).

Sembra che l'elemento più importante sia la configurazione del paese. Se il terreno è in dolce pendìo, o se il paese componesi di gradini suc-

---

(1) Estratto delle mie comunicazioni all'Istituto. Anno 1868.

(2) Mentre all'equatore la legge del decrescimento è press'a poco la stessa in qualsiasi stagione, le regioni polari offrono, al contrario, grandissima differenza fra l'estate e l'inverno. In seguito a una serie di quattro giorni d'osservazioni fatte di mezz'ora in mezz'ora, i membri della Commissione del Nord hanno trovato allo Spitzberg (latitudine 69° 58 N.), nell'agosto del 1838, una diminuzione media di 1 grado per 172 metri. Questo risultato, calcolato da Bravais, coincide coi decrementi osservati nelle zone temperate. La diversità d'altezza delle stazioni era di 560 metri.

Nell'inverno la temperatura cresce in misura diretta dell'altezza, fino a certo limite variabile secondo le diverse circostanze atmosferiche, la cui influenza non è peranco esattamente conosciuta. L'ora del giorno pare sia indifferente, poichè non esiste alcuna variazione diurna termometrica negli strati della superficie. La media di 36 esperienze fatte con cervi volanti o con palloni legati, a Bosekop (latitudine 69° 58' N.), ha fornito uno stato medio d'aumento di 1°,6 pei primi cento metri. Oltre questo limite, ed anche di là dei 60 agli 80 primi metri, la temperatura si fa di nuovo decrescente, ma con molta lentezza dapprima; la diminuzione si accelera in seguito. Le osservazioni state fatte sul pendii e sulle vette delle montagne durante la stessa spedizione, confermano interamente tali risultati. L'influenza refrigerante di un suolo che irradia il proprio calore per parecchie settimane senza nulla ricevere da parte del Sole in compenso delle sue perdite, l'influenza delle controcorrenti superiori venute dall'O. o dal S. O. con una temperatura elevata, dà una ragione di quest'anomalia, la quale rappresenta in inverno lo stato normale delle parti più boreali del continente europeo.

Tra le osservazioni fatte per determinare il descrescimento, scrive C. Martins, quelle raccolte nei viaggi aerostatici offrono un interesse affatto particolare, le temperature vi sono meno alterate da circostanze locali, quali sono il riscaldamento del suolo, le correnti ascendenti o discendenti, ecc.; la serie offerta da tali temperature è più atta ad accordarsi colla serie di temperature decrescenti delle regioni superiori dell'atmosfera.

cessivi, il decrescimento della temperatura è molto più lento che non sia sui fianchi delle montagne scoscese. Nel primo caso si può ammettere che sia di 1 grado per una differenza di livello di 235 metri e nel secondo di 195 soltanto.

La diminuzione di 1° per 168 metri è stata trovata da Schouw per l'Italia (versante meridionale delle Alpi).

Sul monte Ventoux, montagna scoscesa ed isolata della Provenza (lat. 44° 10′ N., long. 2° 56′, altezza 1911 metri sul Mediterraneo), C. Martins ha trovato, dopo 19 osservazioni fatte in circostanze diverse, il decremento di 1 grado per 188 metri in inverno, 124 in estate, 144 metri in media. Le osservazioni di Ramond, comprese fra il 43° ed il 44° di latitudine, danno la media di 1 grado per 148 metri.

La conclusione di tutti questi risultati si è che in ogni luogo, ad altezza piuttosto grande nell'atmosfera, regna una temperatura costantemente superiore a quella del ghiaccio che si fonde.

Se imaginasi che in ogni punto della superficie terrestre s'inalzino verticali fino all'altezza in cui regna la temperatura media 0° e che si faccia passare una superficie dalle estremità di tutte queste coordinate verticali, si otterrà la superficie isotermica di 0°; la sua intersecazione col globo sarà la linea isotermica corrispondente; si potranno ottenere mediante la medesima considerazione geometrica le superficie isotermiche di 5° e di 10,° ecc. Tali superficie si allontanano dal centro della Terra verso l'equatore, mentre gli si avvicinano verso i poli.

Abbiamo visto che la temperatura media di Parigi è di 10° 7′. Per ottenere una diminuzione di questo valore coll'altitudine, bisogna inalzarsi in media a 1600 metri. È quindi a tale altezza che regna al disopra di Parigi la temperatura del ghiaccio. Ma quest'è ad evidenza una normale intorno a cui oscilla continuamente la temperatura, che verificasi soltanto in aprile ed in ottobre. In estate, è necessario elevarsi a grandi altezze, e talvolta a più di 4000 metri per ottenere lo zero termometrico. D'inverno, nessuno lo ignora, esso trovasi sovente al livello del suolo; sonvi allora curiosi investimenti di temperatura negli strati atmosferici che avvicinano la superficie del globo.

Io mi sono studiato di rappresentare nella figura 101 il decremento medio della temperatura coll'altezza, collo stesso metodo usato nella figura 16 per esprimere la diminuzione della pressione atmosferica. La temperatura decrescente è rappresentata da una tinta che va scemando proporzionalmente d'intensità. Se incominciasi dalla superficie del suolo, la diminuzione è di 4° per 500 metri, di 7° per 1000 metri, ecc. Si contano, a mo' d'esempio, 18° (temperatura d'estate) alla superficie, se ne hanno 14° a 500 metri, 11° a 1000, e lo zero è a 3250 metri. Dalla temperatura media dell'anno si hanno 11° verso la superficie del suolo

e lo zero riscontrasi a 1670 metri. Più sotto della superficie del suolo sta del pari indicato con una tinta crescente e con una linea geometrica l'aumento della temperatura di 1 grado ogni 35 metri circa, più rapido, come si vede, del decremento atmosferico, poichè alla profon-

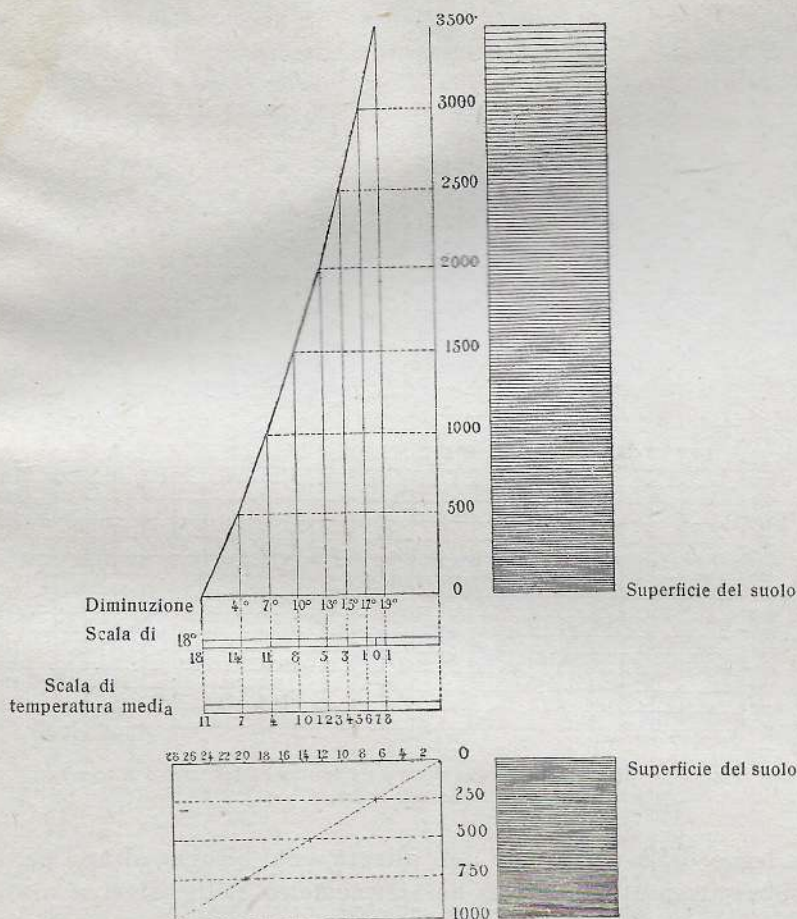



Fig. 101. — Diagramma della decrescenza della temperatura secondo l'altezza.

dità di 250 metri si ha già un aumento di calore di 7 gradi, 14° a 500 metri e 28° ad un chilometro.

Noi possiamo ora aggiungere che siffatto decremento varia al variare della stagione e dell'ora del giorno. Le osservazioni continuate da Saussure durante diciassette giorni al colle del Gigante, 3428 metri sul livello del mare, mentre simultaneamente osservavasi a Ginevra (407 metri), ed a Chamounix (1044 metri), hanno fatto conoscere l'influenza oraria. Di conformità alle osservazioni di Kaëmtz sul Righi (1810 metri), mentre studiavasi pure in argomento a Basilea, a Berna, a Gi-

nevra ed a Zurigo, qui diamo l'altezza in metri alla quale è necessario di elevarsi per avere la diminuzione di un grado:

DIFFERENZA DI LIVELLO
CORRISPONDENTE ALL'ABBASSAMENTO TERMOMETRICO
IN TUTTE LE ORE DEL GIORNO.

Ore	Righi.	Ore	Righi.
Mezzodì	129,81	Mezzanotte	163
1 ora	131,75	1 ora antim.	168,40
2 ore	128,83	2 ore »	174,63
3 »	127,08	3 » »	180,68
4 »	124.35	4 » »	185,16
5 »	121,81	5 » »	186,33
6 »	122,01	6 » »	178,92
7 »	127,86	7 » »	168,01
8 »	135,65	8 » »	153,19
9 »	144,42	9 » »	144,42
10 »	152,02	10 » »	139,36
11 »	158,46	11 » »	121,93

Media . . . . m. 149,10

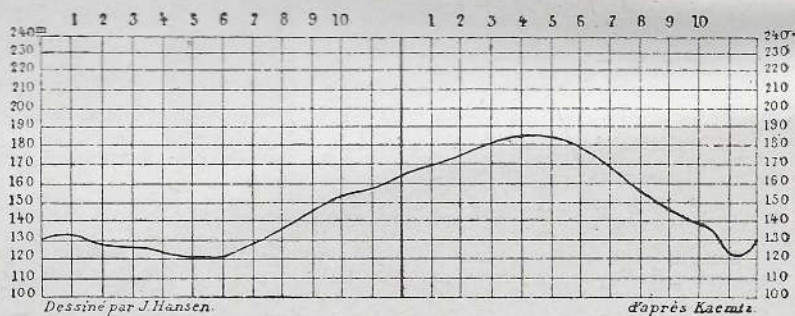



Fig. 102. — Altezza a cui bisogna elevarsi per trovare l'abbassamento di 1 grado, secondo le ore.

La legge della variazione dell'altezza a cui bisogna alzarsi per avere un abbassamento di 1 grado del termometro nelle diverse ore della giornata, è rappresentata nella fig. 102.

Le irregolarità della curva indicano che il numero delle osservazioni non è sufficiente.

De Saussure ha osservato di notte; Kaëmtz, essendo solo, ha potuto leggere il barometro dalle 6 ore ant. fino alle 10 pom., e le leggi del decrescimento notturno sono dedotte da quelle del giorno. Questo quadro pone in chiara evidenza il periodo diurno. Verso le 5 del pomeriggio la diminuzione della temperatura è più rapida, mentre è più lenta al levar del sole. La diversità corrispondente a questi due istanti, dedotta dalle osservazioni, uguaglia il terzo circa dell'altezza a cui è necessario inalzarsi in media per ottenere l'abbassamento di 1 grado.

Il periodo annuale non è meno notevole nei nostri climi; le serie meteorologiche simultanee fatte a Ginevra e sul San Bernardo permettono di calcolarne le leggi. Kaëmtz ha scelto 30 punti situati al sud ed al nord delle Alpi, tra 45 e 50 gradi di latitudine e i meridiani di Vienna e di Parigi, e ne ha dedotto le leggi della distribuzione del calore in questa superficie. Egli ha ottenuto così l'altezza in metri alla quale è indispensabile di elevarsi per avere l'abbassamento di 1°, secondo i mesi. La tavola seguente contiene i risultati forniti da questi diversi punti in confronto:

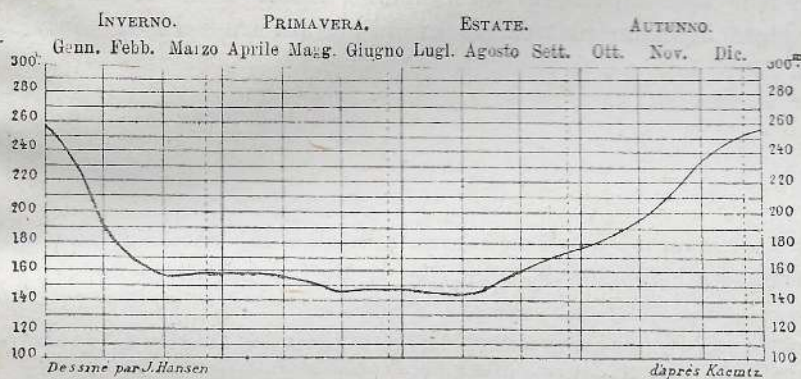



Fig. 103. — Altezza a cui bisogna elevarsi per trovare l'abbassamento di 1 grado, secondo le stagioni.

DIFFERENZA DEL LIVELLO CORRISPONDENTE ALL'ABBASSAMENTO DI 1 GRADO TERMOMETRICO NEI DIVERSI MESI DELL'ANNO.

Mesi	Germania meridionale e Italia settentrionale.
Gennajo	257,27
Febbrajo	193,54
Marzo	159,63
Aprile	160,60
Maggio	157,87
Giugno	148,32
Luglio	148,71
Agosto	145,98
Settembre	161,96
Ottobre	177,75
Novembre	195,44
Dicembre	233,47
Anno	172,68

La legge della differenza di livello che corrisponde alla diminuzione di 1°, secondo i diversi mesi dell'anno, è rappresentata dalla figura 104. È la curva della Germania meridionale e dell'Italia settentrionale. Le

sue irregolarità indicano puranco che le osservazioni non sono bastantemente numerose.

In una parola, vedesi che d'estate il termometro si abbassa molto più presto, mano mano che l'osservatore s' inalza, che non d' inverno.

Risulta da questa inuguale diminuzione che la differenza fra le medie dell' inverno e quelle dell' estate è tanto minore quanto più c' inalziamo sulle montagne. Nelle pianure della Svizzera, all'altezza di 400 metri circa, essa è di 19 gradi. Sul San Gottardo, a 2091 metri, è di 14° 9', e sul San Bernardo, a 2493 metri, è di 13° 5'. De Saussure, che pel primo fece tale importante osservazione, riteneva che le differenze fra le stagioni debbano scomparire ad un'altezza fra i 12 000 e i 13 000 metri.

CAPITOLO III.

Le stagioni.

MECCANISMO ASTRONOMICO DELLE STAGIONI SUI DIVERSI PIANETI — STAGIONE TERRESTRI METEOROLOGICHE — LORO INFLUENZA SULLA VITA DELLE PIANTE, DEGLI ANIMALI E DEGLI UOMINI — SULLE MORTI, LE NASCITE E I MATRIMONÎ.

L'azione generale del Sole alla superficie della Terra varia, a tutti è noto, da una settimana all'altra, dall'oggi al domani. La causa di tali variazioni è stata determinata dalla scienza del pari che l'intensità dell'azione generale. Stagioni e climi sono spiegati geometricamente

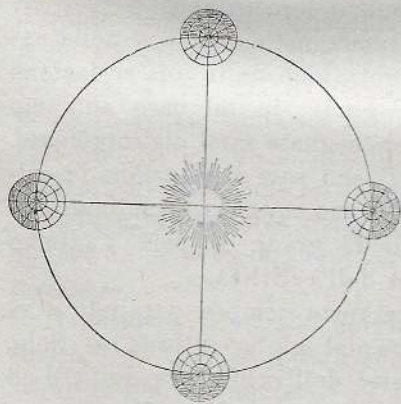



Fig. 104.
Pianeta il cui asse è perpendicolare.

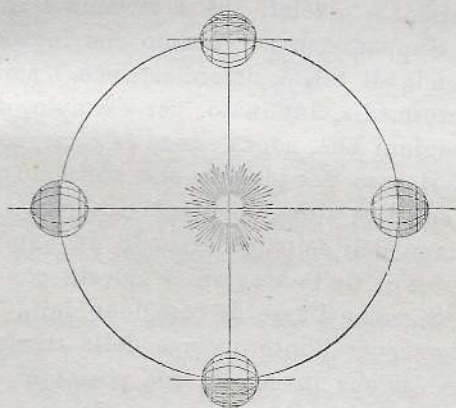



Fig. 105.
Pianeta il cui asse è orizzontale.

dall'inclinazione variabile del suolo relativamente ai raggi solari. E collo stesso confronto geometrico noi conosciamo parimenti il valore delle stagioni sugli altri pianeti del nostro sistema.

Per renderci conto esatto delle variazioni di temperatura secondo le stagioni successive dell'anno, è necessario conosciamo dapprima precisamente il meccanismo astronomico da cui pure hanno origine le stagioni.

Abbiamo visto che il globo terrestre gira in un anno intorno al Sole e su sè stesso in un giorno. Supponiamo innanzi tutto che l'asse di rotazione sia *perpendicolare al piano* nel quale movesi il pianeta, com'è press'a poco il caso di Giove, il cui equatore è inclinato soltanto tre gradi. Durante l'intiero anno, il giorno è uguale alla notte (fig. 104), il Sole resta nel piano dell'equatore, e la sua elevazione rimane la stessa per ogni punto del globo tutti i giorni dell'anno. In questa situazione dell'asse non vi sono stazioni, e la temperatura decresce lentamente dall'equatore ai poli. Per così dire, v'ha una sola zona temperata in tutto il pianeta.

Supponiamo all'incontro che l'asse di rotazione sia disteso sul piano in cui movesi il pianeta. Al solstizio *a*, il Sole trovasi all'estremità dell'asse e cade direttamente sul polo: l'equatore ha il *minimum* della temperatura. Un quarto d'anno più tardi, il Sole trovasi sull'equatore. Scorso il mezzo anno, il Sole allo zenit lo ha l'altro polo. Poi esso passa di nuovo dall'equatore, prima di ritornare sul polo dal quale abbiamo cominciato. In tale situazione, che molto s'avvicina a quella del pianeta Venere, perocchè l'inclinazione di quest'ultimo è di 75 gradi, le stagioni sono nel loro massimo effetto; ogni punto del globo è sottoposto a vicenda al rigore del maggior freddo ed all'ardore della più elevata temperatura. Non vi sono zone temperate, sibbene zone torridi e glaciali che a vicenda s'invadono il loro campo.

Supponiamo per ultimo che invece d'essere nella prima o nella seconda di tali posizioni estreme, l'asse di rotazione sia in una situazione intermedia, inclinato, per esempio, di 67 gradi; in tal caso abbiamo stagioni che, senza essere estreme, son però segnate assai distintamente. È il caso del pianeta che abitiamo (1). Il suo asse di rotazione fa coll'eclittica l'angolo dianzi inscritto, cioè il suo equatore è inclinato sul piano dell'eclittica secondo un angolo di 23 gradi. E però andiamo debitori delle stagioni a questa *obliquità* dell'eclittica.

Siccome l'asse di rotazione della Terra resta sempre parallelo a sè stesso per l'intero corso della traslazione del globo intorno al Sole, vedesi che invece di due posizioni estreme dell'orbita, il polo nord ed il polo sud si presentano volta a volta al Sole sotto l'angolo massimo di 23 gradi. È l'epoca dei solstizî. Al solstizio del polo nord, cioè d'estate pel nostro emisfero, il 21 giugno, il Sole s'inalza fino a 23 gradi sopra l'orizzonte di questo polo. L'opposto accade al solstizio d'estate del polo sud, che è il solstizio d'inverno pel nostro e avviene il 21 dicembre.

---

(1) Le stagioni differiscono per ogni pianeta secondo l'inclinazione dell'asse di rotazione e rimangono perpetuamente le stesse per ogni pianeta. Vedasi la nostra opera *La Pluralité des mondes habités*, 17.ª edizione 1872, pag. 172.

Il 20 marzo, al tempo dell'equinozio di primavera, il piano dell'equatore passa dal Sole. I due poli del pianeta sono allora disposti simmetricamente rispetto al Sole ed il cerchio di separazione dell'emisfero illuminato e dell'emisfero oscuro è precisamente un meridiano Ne risulta che ogni punto del globo, trasportato dalla rotazione diurna, descrive nella luce la metà della circonferenza, e nell'ombra l'altra metà; la durata del giorno è ovunque eguale a quella della notte.

Ma mano mano che la Terra prosegue il suo corso, siccome l'asse mantiene la stessa posizione, il polo nord offresi ognor più ai raggi solari, ed il cerchio di rotazione diurna d'una latitudine boreale percorre progressivamente una via più lunga nella luce che non nell'ombra. La durata del giorno oltrepassa quella della notte, e nello stesso tempo che la durata d'esposizione al Sole, e per conseguenza la quantità di calore ricevuta.

Fig. 106. — Pianeta il cui asse è inclinato.

Tale è il semplice meccanismo delle stagioni. Esaminiamo ciò che avviene nella distribuzione della temperatura.

Il 21 marzo, l'orizzonte di Parigi, per esempio, come qualsiasi altra superficie del nostro emisfero, è scaldato durante dodici ore consecutive; ma nello stesso tempo detta superficie è raffreddata per via di irradiamento verso lo spazio, durante le stesse dodici ore del giorno e durante le dodici ore di notte che loro succedono, cioè in tutto il corso delle ventiquattro ore. Non è possibile dire *a priori* se la perdita superi il guadagno; ma consideriamo il giorno seguente.

Il 22 marzo i raggi solari scalderanno l'orizzonte per un po' più di dodici ore. Quanto al raffreddamento per l'irradiazione, si effettuerà come il giorno innanzi e in ventiquattro ore. Ora, ciò che prova incontestabilmente come l'azione riscaldante, sebbene si eserciti solo per la durata di dodici ore circa, sia superiore, in tal epoca dell'anno, all'azione raffreddante, e che l'orizzonte vi abbia guadagnato più che non vi abbia perduto, è che, astrazion fatta delle circostanze accidentali, la temperatura del 22 marzo supera generalmente quella del 21.

Giungeremo allo stesso risultato confrontando la temperatura del 23 con quella del 22, e via di seguito.

I raggi calorifici del Sole producono effetti di più in più considerevoli fino al 21 giugno, perchè esercitano l'azione loro durante periodi gradatamente più lunghi, chè i giorni s'allungano di continuo sino al

tempo del solstizio. Nondimeno, questa causa, quantunque preponderante, non è la sola che produca gli effetti di cui è parola.

Consideriamo l'inclinazione sotto la quale i raggi solari cadono sulla generalità degli oggetti componenti un orizzonte, a mezzodì, per esempio. Questa inclinazione, calcolata incominciando dalla superficie, va crescendo fino al 21 giugno; dunque, i raggi assorbiti, quelli che soli possono contribuire al riscaldamento degli oggetti terrestri, come abbiamo veduto, andranno aumentando ogni giorno verso il solstizio.

Una terza causa di riscaldamento di pari influenza debb'essere qui registrata, aggiunge Arago. Il Sole può essere considerato come il centro d'una sfera da cui partano i raggi in tutte le direzioni imaginabili. Ora, se ad una certa distanza dal centro di questa sfera supponesi un orizzonte di estensione determinata esposto all'azione di questi raggi divergenti, detto orizzonte ne comprenderà un numero tanto più considerevole quanto più esso si presenterà ai raggi in una direzione meglio vicina alla perpendicolare. Chi mai non vede che in tutti i mezzodì compresi fra il 21 marzo e il 21 giugno, un orizzonte qualunque nei nostri climi presentasi infatti ai raggi solari in direzione ognor più prossima alla perpendicolare?

Così, in conclusione, dal 21 marzo fino al 21 giugno, l'orizzonte di Parigi riceve di giorno in giorno maggior copia di raggi solari; questi raggi ne giungono più intensi, sotto inclinazioni sempre meglio favorevoli all'assorbimento; infine la loro azione ha ogni giorno più lunga durata.

L'accrescimento di temperatura non si ferma al 21 giugno, infatti, siccome i giorni sono in tal tempo più lunghi delle notti, il nostro emisfero continua a ricevere più calore di giorno che non ne perda di notte; però siccome i raggi solari diventano gradatamente più obliqui, diminuiscono a poco a poco d'intensità; verso il 15 luglio giungono ad aver il guadagno pari alla perdita ed il massimo della temperatura normale.

Ora è certo che, da quest'epoca fino al 21 dicembre, i giorni si accorciano ognora più; che l'azione solare va diminuendo continuamente, che questi raggi indeboliscονsi a grado a grado, perchè attraversano strati atmosferici più estesi e meno diafani; che l'inclinazione della luce a mezzodì e ad ore prossime a tal momento del giorno, per rispetto a quell'orizzonte o a qualsiasi altro situato nell'atmosfera settentrionale, e contata incominciando dalla sua superficie, diventa mano mano più grande ed allora meno atta all'assorbimento; che questo orizzonte riceve una quantità di raggi solari di continuo decrescenti. Dal complesso di queste ragioni risulta che la temperatura di qualsiasi orizzonte situato nell'emisfero settentrionale deve andare sempre diminuendo; ma non è evidente per sè che vi sarà compenso, il 21 dicem-

bre, giorno del solstizio d'inverno, fra l'irradiamento verso lo spazio e le cause riscaldanti che sempre più sonosi indebolite.

L'osservazione dimostra infatti che a Parigi il perfetto compenso verificasi solo dopo il 2 gennajo; ad eccezione delle cause accidentali, la prima settimana di gennajo è la più fredda dell'anno. A cominciare da tal tempo, e fino al 15 luglio susseguente, la temperatura sempre aumenta, come già abbiamo dimostrato, pigliando il 21 marzo per punto di partenza.

Tutta questa serie di ragionamenti si applicherebbe all'orizzonte di un luogo situato nell'emisfero meridionale, come Parigi è situato nell'emisfero settentrionale. Soltanto noi troveremmo, e questo risultato è

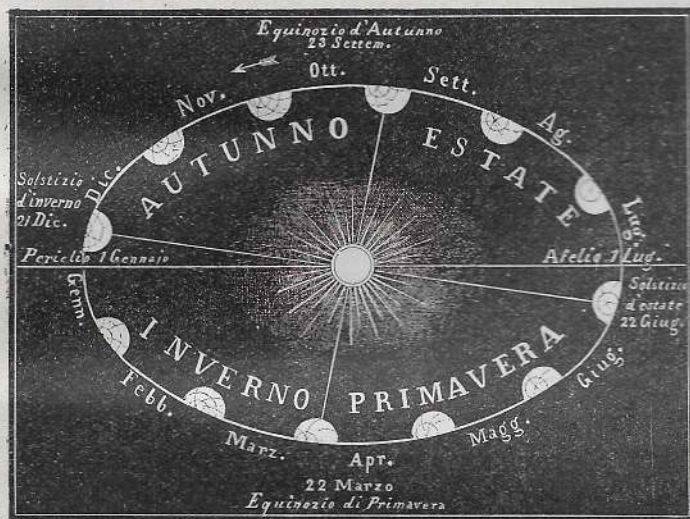



Fig. 107. — La traslazione della Terra intorno al Sole, e le stagioni.

conforme alle osservazioni, che i mesi più caldi nell'emisfero settentrionale sarebbero più freddi nel meridionale, e viceversa.

Voltaire metteva in derisione il nostro globo, perchè si presenta al Sole di *sbieco e goffamente.* Il signor Babinet osserva che il ridicolo del filosofo gettato sul nostro povero pianeta è meno fondato che non pare egli l'ammetta, poichè la goffa posizione da lui criticata è appunto ciò che ogni anno reca la vita ai due poli opposti. Senza di essa la vita terrestre non sarebbe quella che è.

Nulla havvi di più utile del portare uno sguardo generale sulle operazioni della natura, e dello scostarsi dalle idee grette di coloro che non hanno perduto di vista il loro campanile nativo, per istendere il proprî sguardi sul paese ed anche sulla parte del mondo che si abita. L'Europa, orgogliosa della sua popolazione di 250 milioni d'uomini,

colla sua potenza intellettuale e guerresca, occupa la zona temperata, e coi due capi estremi della Spagna e della Grecia non raggiunge nemmeno il 36° parallelo, lasciando ancora tutta l'Africa settentrionale e tutto l'Egitto fra essa e la zona torrida. Onde, a motivo della naturale propensione che ci porta a dare un' importanza esclusiva a quanto ne circonda, ci par sempre bizzarra cosa l' udir parlare de' calori intollerabili di dicembre e di gennajo che provano gli abitanti dell' altro emisfero, al Capo di Buona Speranza, nell'Australia e nel Chilì. I freddi di luglio e d' agosto nelle stesse regioni non ci sembrano meno strani. Tuttavia, poichè le stagioni sulla Terra offrono già molte circostanze straordinarie, quante non ne troveremmo, andando non dal nostro polo europeo, asiatico ed americano verso il polo opposto, sibbene andando dalla regione ardente dove il pianeta Mercurio si move sotto i fochi d' un sole sette volte più caldo che nol sia per la Terra, sino ai confini del sistema solare, ove Nettuno occupa provvisoriamente l' ultimo posto, ricevendo raggi novecento volte più freddi di quelli che, per la nostra Europa, formano le grandi divisioni dell' anno, la primavera l' estate, l' autunno e l' inverno, i cui prodotti sono così capitali per l' uomo, mentre nulla di simile esiste nelle latitudini intertropicali!

Le stagioni astronomiche sono contate incominciando dagli equinozî e dai solstizî. La primavera comincia il 20 marzo, l' estate il 21 giugno, l' autunno il 22 settembre e l' inverno il 21 dicembre. Giorno più, giorno meno, sono queste, per ogni anno, le epoche astronomiche del cominciar delle stagioni.

È evidente che tali epoche non dovrebbero venire applicate alle *stagioni meteorologighe,* le quali, in ultima analisi, per le nostre impressioni e pei nostri apprezzamenti diretti, sono le vere stagioni. Esse dovrebbero essere stabilite da una parte e dall' altra ad uguale distanza dalla massima e dalla minima media della temperatura.

La classificazione più semplice e che trovasi al tempo stesso adatta all'andamento medio della temperatura è quella oggi usata dal maggior numero de' meteoristi. — L'anno si divide in quattro periodi di tre interi mesi. L' inverno componesi dei mesi di dicembre, gennajo e febbrajo; la primavera dei mesi di marzo, aprile e maggio; l' estate di giugno, luglio e agosto; l' autunno di settembre, ottobre e novembre.

Sull' emisfero australe le stagioni sono uguali alle nostre. Al nostro solstizio d' inverno, al 21 dicembre, il Sole arriva in quelle regioni alla maggiore altezza: è il loro solstizio d' estate. Al nostro solstizio d' estate, al 21 giugno, il Sole giunge per essi al minimo di altezza sopra il loro orizzonte; sono i loro giorni più brevi ed il loro inverno. Quando abbiamo l' autunno, i nostri antipodi hanno la primavera e viceversa. Con facilità possiamo spiegarci simile inversione, considerando l' inclinazione

costante dell' asse di rotazione terrestre e la traslazione annuale del globo intorno al Sole.

Al regolare alternarsi delle stagioni, la Terra va debitrice della sua bella veste eterna e della sua vita imperitura. Ogni primavera reca la risurrezione alla superficie del nostro pianeta, che ringiovanisce in un'adolescenza senza fine sotto le feconde carezze di cui lo ricopre l' astro raggiante. « Stagioni, figlie dilette di Giove e di Temi », già esclamava tremila anni or sono il poeta Orfeo, « voi che ci colmate di beni! stagioni verdeggianti, fiorite, pure e deliziose! stagioni dai mille colori, che spandete un dolce profumo! stagioni sempre varie: accogliete i nostri pii sacrificî, recateci il soccorso dei venti favorevoli, che fanno maturare le messi. »

Sono quindi ora determinate le cause che danno origine ai cambiamenti di temperatura nel corso dell' anno. Dopo di averne così abbozzato il meccanismo astronomico, entreremo ne' particolari ed apprezzeremo le cifre esatte dei movimenti termometrici.

Figuriamoci la Terra che compie in un anno il suo giro intorno al Sole e ritorna alla stessa posizione dopo di aver presentato successivamente i suoi due poli ai raggi dell' astro della luce e del calore. Se partiamo dalla primavera, vediamo le nevi che hanno coperto una gran parte dei continenti settentrionali scomparire per lasciar posto ad un' attiva vegetazione: gli alberi si coprono di verzura, e le piante dall' inverno uccise, rinascono dalle sementi per rivaleggiare di fogliame coi vegetali permanenti; i fiori, i semi, i polloni assicurano la riproduzione, e le specie sociali, tanto le piante quanto gli alberi, invadono il suolo, col solo beneficio della forza d'associazione. Gli è così che osserviamo immense foresti di pini, di quercie e di faggi, e pianure sterminate coperte esclusivamente di cardi, di trifoglio e di sterpi. Una tra le più curiose conseguenze del procedere bene osservato delle stagioni, è che le ricche messi, le quali alimentano in Europa il quarto del genere umano, quanto alla causa, sono dovute così all'inverno, come alla primavera, che sviluppa i cereali, ed all' estate, che li matura. Infatti, se il frumento non fosse costretto a morire d' inverno, se non fosse secondo l' espressione dei botanici, una pianta annuale, esso non salirebbe in ispiche e non produrrebbe gli utili raccolti che, dopo Cerere e Trittolemo, hanno assicurato l' alimento delle numerose popolazioni dell' Europa ed hanno anzi dato vita a queste popolazioni. Per convincersi di tale verità, basta scendere più al mezzogiorno nell'Africa, nell'Asia e nell'America. Non appena giungesi in un clima dove l' inverno non uccide necessariamente i cereali, la pianta diventa vivace come l' erba da noi: essa propagasi a rimessiticci, conservasi costantemente verde, e non fa nè spiche nè grani. Quivi sono altri vegetali, come il miglio, il mais, il *dura* e diverse radici che danno fecole nutritive.

Alla fine della primavera ed al principio dell' estate, il Sole, che si è inoltrato verso il settentrione, fa pullulare sul nostro emisfero e fin presso al polo tutte le specie animali, come fa nascere e sviluppare le specie vegetali. Quadrupedi, uccelli, pesci, anfibî, insetti, molluschi, animali microscopici popolano le terre ed i mari settentrionali, sia per nascita locale, sia per immigrazione.

Se noi seguiamo il Sole nel suo cammino retrogrado verso il sud, vediamo il calore delle stagioni abbassarsi coll' altezza del Sole a mezzodì, ricominciare i giorni di dodici ore, poi l' autunno, che finisce con giorni di otto ore e notti di sedici, e infine l' inverno, i cui giorni sono lunghi come quelli d' autunno, ma che succedendo ad una stagione fredda, è per tal ragione ancora più freddo dell' autunno, così come l' estate, i cui giorni sono simili a quelli della primavera, è molto più calda di quest' ultima, perchè l' astro versa i suoi raggi sovra una terra già riscaldata.

Non appena i giorni hanno tocco il loro periodo più lungo, diminuiscono rapidamente, non appena è brillata la gioventù, annunziasi l' autunno della vita. Ma parimenti, tostochè i giorni sono nel massimo accorciamento. s' allungano di nuovo: noi non possiamo sperare altrettanto su questa terra pe' nostri giorni d' inverno, il cui destino è di spegnersi nei ghiacci della tomba

Nei capitoli che seguiranno, studieremo il corso particolare di ogni stagione e il suo aspetto caratteristico, dall' inverno dalle nevi silenziose, fino all' estate verdeggiante e generosa. Completiamo qui il nostro schizzo del cammino generale delle stagioni; consideriamo la sua influenza sulla vita umana, dimostrata dalla statistica, che ai giorni nostri non rispetta più nulla.

Se esaminiamo dapprima la mortalità in ogni paese, vediamo ch' essa soffre alterazioni sensibilissime, secondo i diversi mesi dell' anno. Numerosi studî sono stati presentati in argomento e si è riconosciuto che nei nostri climi i rigori del verno sono generalmente mortali per la specie umana.

La vita delle piante e quella degli animali sono intimamente collegate al corso delle stagioni, come lo vedremo in modo speciale nel capitolo seguente. La vita umana, quantunque in apparenza più individuale e più indipendente, subisce tuttavia le leggi elementari della natura terrestre che ha formato i nostri corpi.

Analizzando le proporzioni dei decessi del Belgio secondo le età, il signor Quételet ha verificato matematicamente il fatto che i bambini sentono di più le variazioni di temperatura. Durante il primo anno, la maggior mortalità dei bambini verificasi in estate, ossia in agosto, la minima in aprile e novembre.

Dopo il primo anno, la mortalità dei bambini cambia completamente; il massimo presentasi dopo l' inverno, ed il minimo in estate. Tra gli

otto e i dodici anni, questi termini si spostano alquanto e procedono nell'ordine dei mesi e fin dopo l'epoca della pubertà, in modo che il massimo dei decessi cade in maggio ed il minimo in ottobre. Dopo la pubertà il massimo ritorna indietro fino all'età di 25 anni, e va a porsi invariabilmente nel mese di *febbrajo*, fino alle età più avanzate. Quanto al minimo non lascia più l'estate.

In nessuna età della vita l'influenza delle stagioni non si fa più sentire sulla mortalità come nella prima infanzia e nella vecchiaja, ed in veruna età non lo è meno che fra i 20 e i 25 anni, allorchè l'uomo fisico, interamente sviluppato, è nella pienezza delle forze.

Nella figura 108, la curva piena è tracciata secondo i numeri generali della mortalità nel Belgio ed in Francia, ad eccezione delle città di Bruxelles, Parigi e Lione. La curva a puntini è tracciata dietro i numeri dati da queste città. Vedesi che oltre la regola generale che mette il massimo della mortalità in febbrajo ed il minimo in giugno, l'influenza delle stagioni è più sentita nelle campagne che nelle città, ove sono riuniti maggiori mezzi atti a preservare dall'ineguaglianza delle temperature. L'altezza della curva dipende dal numero dei morti corrispondenti ad ogni mese (1).

Fig. 108. — Influenza delle stagioni sulle morti.

Dopo le morti passiamo alle nascite.

I documenti relativi alle nascite ne presentano attualmente i dati più completi. Il periodo annuale è perfettamente conosciuto, e i suoi effetti scientifici sono stati apprezzati nella maggior parte dei paesi; anzi già prevedesi un periodo diurno.

(1) Come esempio d'un anno per la città di Parigi, ecco le morti dell'anno 1869, divise per mesi (popolazione 1 825 274 abitanti).

		Medie per giorno			Medie per giorno
Gennajo	4153	134	Luglio	3435	111
Febbrajo	3905	139	Agosto	3630	117
Marzo	4485	145	Settembre	3460	110
Aprile	4289	143	Ottobre	3458	112
Maggio	3691	119	Novembre	3766	126
Giugno	3443	115	Dicembre	4154	134

Massimo, marzo; minimo, luglio ed ottobre. — Totale, 45 872.

Nel 1870 la mortalità s'è accresciuta di due terzi. Nel 1871 si è più che raddoppiata ed ha quasi raggiunto la cifra di centomila (99 445). La cifra mensuale delle nascite è stata soltanto 2530 nel 1871, invece di 4580, ciò che da un secolo non erasi più veduto. Nel mese di settembre le nascite sono cadute a 1729. Insomma, nel 1871 la mortalità è raddoppiata e le nascite sono diminuite della metà. È questo il risultato della stupidità umana, che a quando a quando getta il turbamento nell'opera della natura.

Il numero principale delle nascite verificasi dal febbrajo al marzo, qualunque sia la nazione o la città che si prende per esempio. I mesi di giugno e luglio sono quelli in cui nascono meno bambini. Trovasi un secondo massimo sette mesi dopo il primo, verso l'autunno.

A Parigi nascono circa 55 000 bambini all'anno. Il massimo numero (5100) in marzo, il minimo (3900) in giugno. Per la Francia intera havvi, in numero tondo, un milione di nascite all'anno. Il massimo, che verificasi parimenti in marzo, è di 73 000: il minimo, che cade in giugno, è di 56 000. Del resto si avrà un'idea più facile a concepirsi di tale influenza delle stagioni sulle nascite esaminando la fig. 109, nella quale l'altezza della curva e le sue ondulazioni corrispondono alle cifre mensuali delle dichiarazioni ufficiali delle nascite. Queste curve sono tracciate in conformità ai numeri riuniti della Francia e del Belgio.

Fig. 109. — Influenza delle stagioni sulle nascite.

(In questi paesi è stata osservata una falcatura nella curva, nel mese di dicembre, indicante una diminuzione di concepimenti in marzo, prodotta dall'osservazione dell'astinenza di quaresima. Il mio dotto collega, il dottor Bérigny, lo ha potuto constatare in ispecial modo a Versailles, dietro i dati forniti da due secoli. Ma in tal caso quello che manca in marzo riportasi sull'aprile; la natura non perde i suoi diritti.)

L'influenza, diretta od indiretta che vogliasi, dell'annua rivoluzione della Terra intorno al Sole, delle grandi variazioni della temperatura da siffatte rivoluzioni determinate, e di certe costituzioni meteorologiche sui concepimenti e sulle nascite del genere umano, sembra dunqne assai evidente. Tanto più dimostrata è questa induzione, inquantochè dall'altro lato dell'equatore, ove le stagioni si succedono all'opposto delle nostre, come per esempio a Buenos-Aires, il ritorno periodico degli stessi risultati pare s'effettui durante le stesse stagioni, cioè a sei mesi d'intervallo. Il rovesciamento del massimo e del minimo segue esattamente quello delle stagioni. Inoltre le epoche del massimo e del minimo de' concepimenti anticipano nei paesi caldi e ritardano nei paesi freddi.

Le ore del giorno han pur esse un'influenza sulle nascite. Le nascite dalle 6 della sera alle 6 della mattina superano di un quinto quelle che avvengono dalle 6 della mattina alle 6 della sera. Il minimo è alle dieci antimeridiane, il massimo a mezzanotte.

Quest' influenza è meno pronunciata per le morti. Tuttavia l' aspetto di moltissimi quadri mostra che un minimo assai pronunciato manifestasi tra le sei della sera e la mezzanotte. Le morti sono più frequenti alla mattina.

Così risulta da tutti i fatti citati che, nel nostro stato di civiltà, noi siamo, almeno in parte, sottoposti alle diverse influenze periodiche offerte, sotto il rapporto che ne occupa, dalle piante e dagli animali.

Le stagioni lasciano una traccia incancellabile del loro passaggio colla loro influenza sul numero delle nascite e delle morti che avvengono ogni hanno ne' diversi stati d' Europa. Può essere curioso il ricercare, d'altra parte, se così è del numero dei matrimonî. In quest' ordine di fenomeni, gli usi stabiliti e le volontà individuali debbono avere una parte molto più grande. Le cause costanti che determinano il periodo, più assoggettate alla volontà umana ed alle abitudini religiose, debbono avere effetti distinti presso i diversi popoli. Non per questo l' influenza meteorologica riesce meno sentita.

Fig. 110. — Influenza delle stagioni sui matrimoni.

Due massimi si presentano nei mesi di maggio e di novembre; il massimo di maggio è quello che più specialmente risulta. Il minimo d' estate cade in agosto. Ma durante l' inverno notansi due grandi differenze, dipendenti l' una dalla fine dell' anno che fa riportare in gennajo la metà de' matrimonî che sarebbersi dovuti contare in dicembre, e l' altra che, pel giungere della quaresima, fa anticipare d' un mese circa i matrimonî che altrimenti si celebrerebbero in marzo. Questi due aumenti dei numeri di dicembre e di marzo, ottenuti diminuendo i valori di gennajo e di febbrajo, danno alla curva una notevole regolarità. La curva falcata di marzo e di dicembre è una curva sociale. La curva naturale sarebbe la punteggiata.

È qui specialmente, dice Quételet, che trovasi un' ammirabile conferma del principio che: Più il numero delle persone è grande, più le particolarità individuali, sia fisiche, sia morali, si cancellano e lasciano predominare le serie dei fatti comuni, mercè i quali la società esiste e si conserva.

———————————

CAPITOLO IV.

La temperatura.

SUO STATO MEDIO — SUE VARIAZIONI DIURNE E MENSUALI — LA TEMPERATURA DI PARIGI E DELLA FRANCIA — VARIAZIONE DI QUELLA DELLE ACQUE E DEL SUOLO — LE STAGIONI NELL'INTERNO DELLA TERRA — TEMPERATURA DI OGNI ANNO A PARIGI DAL SECOLO SCORSO — VARIAZIONI DIURNE E MENSUALI DEL BAROMETRO.

Abbiamo dianzi veduto che il pianeta terrestre, trasportandosi intorno al Sole pel suo annuo corso, e girando su sè stesso per la diurna rotazione, fa variare l'obliquità dei raggi solari che gli giungono. Colla sua annua traslazione la Terra li fa inalzare durante sei mesi, dal 21 dicembre al 21 giugno, sul nostro orizzonte, ed abbassarsi durante gli altri sei mesi dell'anno. Colla rotazione, essa riconduce ogni mattina il nostro orizzonte al Sole, fa regnare l'astro calorifero e luminoso all'altezza del cielo, poi lo fa ridiscendere in apparenza inclinandogli altri meridiani. A bella prima vedesi dunque che con tal doppio movimento della Terra vi sono due vie generali nell'applicazione del calore solare al nostro pianeta: l'una annuale, diurna l'altra.

Occupiamoci prima del movimento *diurno*.

Per apprezzarlo con esattezza bisognerebbe ci prendessimo la briga di osservare il termometro d'ora in ora, notte e giorno, per più settimane, più mesi ed anche più anni, allo scopo di distinguere e di eliminare, attraverso il corso regolare dovuto alla rotazione della Terra, le eccezioni sì numerose che perturbano l'atmosfera. Pochi meteoristi hanno acconsentito a sobbarcarsi a simile lavoro. Ciminello da Padova lo ha fatto quasi per sedici mesi consecutivi; dico *quasi*, perchè le osservazioni di mezzanotte, un'ora, due ore e tre ore erano surrogate da due, fatte in questo stesso intervallo ad ore variabili. È il primo meteorista che abbia compiuto una serie oraria di osservazioni termometriche. Dappoi ne sono state fatte altre (Gatterer, suo contemporaneo; gli uffiziali d'artiglieria di Leith presso Edimburgo; Neuber, a Apenrade, in Danimarca; Lohrmann, a Dresda, Koller, a Kremsmünster;

Kaëmtz, a Halle, e gli Osservatorî di Milano, Pietroburgo, Monaco, Greenwich). Ora tale osservazione continua all'Osservatorio di Roma e in qualche altro, col mezzo di un apparecchio registratore automatico.

Da simili osservazioni, e dalle mille altre state compiute di due in due o di tre in tre ore, risulta che *verso le due pomeridiane si presenta l'istante più caldo del giorno,* e che invece mezz'ora dopo, *prima del levar del sole,* si prova l'istante del maggior freddo. Questi due, termini variano di poco passando da un mese all'altro.

La differenza fra l'ora media più calda e l'ora media più fredda è di 7 gradi e mezzo a Parigi. Tuttavia questo valore è molto variabile secondo i mesi dell'anno.

La media all'Osservatorio di Parigi dà 14°,47 pel massimo medio delle due ore, 7°,13 pel minimo medio delle 4 ore antimeridiane, e 10°,7 pel calore medio di tutti i giorni dell'anno, il quale si manifesta

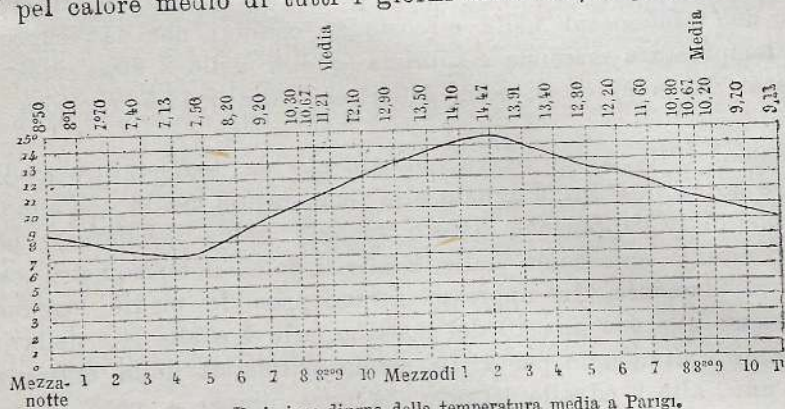



Fig. 111. — Variazione diurna della temperatura media a Parigi.

alle ore 8,20 di sera. La figura 111 indica siffatta variazione diurna, tracciata dietro la media conclusa dopo più di centomila osservazioni fatte da Bouvard, predecessore d'Arago all'Osservatorio.

La distanza di tempo dal minimo al massimo durante il giorno è di sole 10 ore; ed è di 14 ore passando dalle 2 pomeridiane alle 4 antimeridiane.

Il minimo della variazione diurna precede generalmente lo spuntare del sole; al principio dell'anno avviene un po' prima delle 3 ore del mattino, e se ne allontana a poco a poco durante il progressivo allungarsi dei giorni. Dopo il febbrajo si presenta successivamente alle 5, poi alle 4 del mattino; oscilla quindi fra le 3 e le 4 nei giorni più lunghi. In principio d'agosto il minimo avviene alle 4 antimeridiane; poi torna successivamente a riprendere il suo posto delle 6 ore nei giorni più brevi; esso supera anzi leggiermente questo punto, e subito ripiglia il corso annuale or ora indicato.

Vedesi dunque che nei nostri climi il maggior freddo diurno si manifesta un po' dopo le 6 antimeridiane nell'inverno, e tra le 2 e le 4 antimeridiane in estate.

La temperatura *media* di un giorno, nel significato matematico del vocabolo, rappresenta lo stato delle temperature corrispondenti a tutti gl'istanti di cui si compone il giorno. Se, per esempio, si stabilisce la durata di questi istanti un minuto, dividerebbesi per 1440 (numero dei minuti compresi in 24 ore) la somma delle 1440 osservazioni termometriche fatte tra una mezzanotte e l'altra, ed il quoziente sarebbe il numero cercato. Dividendo in seguito per 365 la somma delle 365 temperature medie corrispondenti a tutti i giorni dell'anno, avrebbesi la temperatura media dell'anno.

In conformità alla definizione precedente, pare che per ottenere le temperature medie con esattezza, sarebbe indispensabile procurarsi osservazioni molto approssimative, ma per buona ventura è tale l'andamento del termometro nelle circostanze comuni, che la semisomma della temperatura massima e minima (quella delle 2 dopo mezzodì e del levar del sole) quasi non differisce dalla media rigorosa delle 24 ore.

Fino dal 1818, Arago aveva indicato che la temperatura media di 8 ore e 20 minuti ant. è uguale alla temperatura media dell'anno. Ma fu riconosciuto dappoi che questo metodo lascia desiderare; poichè dalle 8 alle 9 ant. come dalle 8 alle 9 pom., il termometro oscilla spesso rapidamente. In appresso furono prese le medie, leggendo il termometro alle 4 e alle 10 del mattino, alle 4 e alle 10 della sera, sommando e dividendo per 4. La media aritmetica delle osservazioni alle 6 ant., alle 2 ed alle 10 pom. dà pure presso a poco la media reale; le differenze possono giungere a 2 decimi di grado. Dacchè la meteorologia ha preso il posto che si merita fra le scienze esatte, i fisici sono stati più rigorosi, hanno verificato tutti i confronti, ed hanno constatato che per surrogare esattamente le 24 osservazioni orarie, occorrono otto osservazioni triorarie fatte ad 1 ora, 4 ore, 7 e 10 ore ant.; 1 ora, 2 ore, 7 e 10 ore pom. Questo è quanto è stabilito già da parecchî anni all'Osservatorio nazionale di Parigi, ed al nuovo Osservatorio meteorologico creato al parco di Montsouris.

Occupiamoci ora dell'andamento *annuale* della temperatura, di cui abbiamo accuratamente studiato il meccanismo astronomico nel capitolo precedente.

Le cause diverse che cambiano l'azione calorifera del Sole sono pochissimo variabili in tutto l'anno nelle due regioni vicine all'equatore, situate, una nell'emisfero nord, l'altra nell'emisfero sud, che si chiamano le *regioni tropicali*, e formano la zona torrida. Infatti il giorno ha in quei luoghi la stessa durata quasi in tutto l'anno; le altezze

meridiane del Sole vi sono poco variabili; le quattro stagioni, per riguardo alla temperatura, devono dunque poco differire le une dalle altre. Per la ragione opposta le stagioni sono molto dissimili tanto al nord quanto nel mezzodì dell'equatore, nelle regioni ove i giorni sono nell'anno di durate inegualissime, o, il che è quasi la stessa cosa espressa in altri termini, là dove le altezze meridiane del Sole variano molto nel corso dell'anno.

Abbiamo veduto più sopra qual sia il valore generale delle stagioni sotto le nostre latitudini. Vediamo ora le cifre. Il quadro seguente riassume la media delle temperature registrate all'Osservatorio di Parigi.

Vi si vede che, sia che consultiamo le massime medie d'ogni mese, sia che consideriamo le minime medie, sia infine che ci accontentiamo di prendere le temperature medie soltanto, il calore tiene la via crescente da gennajo a luglio, e decresce da luglio a dicembre. Il mese più caldo è proprio il luglio, che segue il solstizio d'estate, ed il mese più freddo è proprio il gennajo, che segue il solstizio d'inverno. La media dei minimi è una sola volta, pel gennajo, sopra lo zero; i mesi più freddi sono dicembre, gennajo e febbrajo, che costituiscono l'inverno climatologico reale; la primavera è formata dei mesi di marzo, aprile e maggio; l'estate dai tre mesi più caldi, giugno, luglio ed agosto; i tre altri mesi, settembre, ottobre e novembre, formano il vero autunno.

PROSPETTO DELLE TEMPERATURE MEDIE DI PARIGI

Arago (1806-1851).

Mesi	Massime	Minime	Medie
Gennajo	50°,2	08°,7	20°,7
Febbrajo	7 31	0 67	3 99
Marzo	10 01	3 15	6 58
Aprile	13 12	6 51	9 81
Maggio	18 38	10 67	14 52
Giugno	21 12	13 56	17 34
Luglio	22 67	15 41	19 04
Agosto	22 42	14 57	18 49
Settembre	18 85	12 08	15 46
Ottobre	14 64	7 30	10 97
Novembre	9 67	3 91	6 79
Dicembre	6 85	0 33	3 50
Temperature annuali	14 17	7 27	10 70

Le medie precedenti son quelle che Arago ha stabilite in seguito a 46 anni d'osservazioni (1806-1851). In appresso le osservazioni continuate hanno fornito un risultato ancora più conforme allo stato medio

secolare della temperatura a Parigi, poichè esso rappresenta una più lunga serie d'anni. La figura 112 mostra la curva regolarissima delle temperature medie mensuali all'Osservatorio di Parigi, redatta sulle osservazioni di 65 anni (1806-1871), colle cifre di queste medie generali.

Siccome il calore che la Terra riceve dal Sole varia in ragione del quadrato della distanza, ed il pianeta non segna un'orbita circolare, v'è, oltre la variazione mensuale dovuta all'inclinazione dei raggi solari, una variazione dovuta alla distanza. Infatti, durante la nostra estate, siamo più lontani dal Sole che durante l'inverno; anzi la differenza è abbastanza sensibile.

Ecco quali sono gli scostamenti, pigliando per unità la distanza solare media, e considerando il calore come reciproco al quadrato della distanza dell'astro che ci riscalda:

	Distanza	Calore solare
Distanza media.	1 000 000	1,0000
Perielio (d'inverno)	1 000 000	1,0345
Afelio (d'estate).	1 010 792	0,9673

Onde prima ancora di penetrare nella nostra atmosfera, la differenza per l'irradiamento è di 1,0345 — 0,9673 = 0,0673; ciò che dà presso a poco esattamente $^1/_{15}$; e cioè l'irradiamento solare, durante l'inverno, è nel nostro globo circa un quindicesimo più grande che nell'estate. Questa differenza è abbastanza notevole perchè se ne debba tener conto.

Le variazioni diurne e mensuali della temperatura sono più grandi, più si è lontani dall'equatore. Dall'equatore a 10 gradi di latitudine settentrionale le temperature dei diversi mesi variano appena di 2 o 3 gradi. A 20 gradi esse variano da 6 a 7 gradi (luglio = 28, gennajo = 21). A 30 gradi, vedesi la variazione graduale mensuale elevarsi a 12 gradi (agosto = 27; gennajo = 15). In Italia vedesi la curva regolare di Palermo tendersi da 10°,5 (gennajo) a 23°,5 (agosto), e questa curva è temperata ancora dalla vicinanza del mare. A Parigi, vediamo la curva media crescere 2 gradi (gennajo) fino a 19 gradi (luglio), e le variazioni subiscono scosse ben altrimenti considerevoli tra i freddi dell'inverno ed i calori dell'estate. A Mosca la curva media mensuale stendesi da — 10°,8 (gennajo), fino a 24 gradi (luglio); totale: 34°,8 di differenza media. Finalmente noi possiamo aggiungere eziandio a questa scala di variazioni quella di Boothia-Felix, terra boreale dell'America, posta al di là del 72.° Essa si estende dai 40 gradi sotto zero (febbrajo) fino al 5 al di sopra (luglio). Differenza = 45 gradi fra le temperature medie dell'anno!

La variazione diurna, molto meno pronunciata della variazione annuale, dà luogo egualmente a curve significative nelle successive tem-

perature. L'ampiezza dell'oscillazione termometrica è più forte nei paesi caldi e nell'interno dei continenti che non nei paesi freddi e in vicinanze alle coste Lasciando da parte l'influenza uguagliatrice dei mari, la quale resta press'a poco la stessa, la distanza all'equatore agisce in maniera opposta sulle oscillazioni annuali e diurne del termometro. Mentre la prima aumenta a motivo della lunghezza delle notti d'inverno e dei giorni d'estate, la seconda diminuisce perchè nei paesi meridionali l'ardore dei raggi solari è maggiore ed il cielo è più puro durante la notte. Per esempio, si vede che a Padova la variazione diurna in luglio è di 9 gradi.

Queste sono medie. Ma qualora si esaminasse costantemente la mobilità della temperatura di un luogo determinato, come sarebbe Parigi,

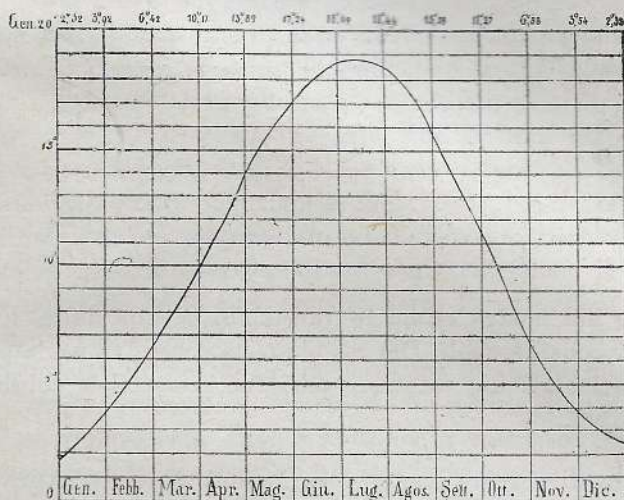



Fig. 112. — Variazione mensuale della temperatura media a Parigi. Osservatorio di Parigi (1806-1871).

si troverebbe che oltre tali medie variazioni regolari dovute al Sole, avvene altre incomparabilmente più estese, le quali esercitano una parte grandissima sulla salute pubblica; queste sono, non dirò le enormi differenze esistenti fra certi freddi di gennajo e certi calori di luglio, ma piuttosto le variazioni diurne subìte in 24 ore. Codeste differenze sono curiosissime, segnatamente se prendesi la temperatura di un termometro al Sole e la più bassa della notte successiva.

Sonvi spesse volte gravi differenze fra il massimo ed il minimo di una stessa giornata, sopratutto nei mesi di maggio e giugno, differenze che arrivano, anche a Parigi, fino ai 25 ed ai 30 gradi. Ecco, ad esempio, alcuni dei massimi notati nell'Osservatorio meteorologico di Montsouris fra le 2 e le 4 pomeridiane sopra un termometro a serbatojo tinto in verde, esposto al sole a 10 centimetri al disopra del suolo erboso, ed

alcuni dei minimi costanti al medesimo termometro fra la 1 e le 4 antimeridiane della notte successiva. Scelgo quelli che mostrano le più grandi differenze.

	Massima	Minima	Differenza
11 maggio 1870	30,7	4,1	26,6
16 »	30,2	6,0	24,2
17 »	32,7	6,9	25,8
18 »	39,4	12,1	27,3
19 »	41,5	14,4	27,1
20 »	41,9	12,9	29,0
21 »	44,0	16,0	28,0
25 »	30,5	5,0	25,5
27 »	30,8	6,1	24,7
30 »	34,8	10,2	24,6
8 giugno	30,5	6,0	24,5
12 »	32,0	8,0	24,0
13 »	33,6	8,5	25,1
14 »	41,9	12,0	29,9
16 »	41,3	16,1	25,2
23 »	40,8	11,7	29,1
29 »	35,1	9,0	26,1
30 »	35,0	7,1	27,9
2 luglio	30,0	6,5	24,0

Vedesi che nel nostro clima le variazioni diurne della temperatura sono talvolta considerevoli. Del resto questa eccessiva variabilità è uno dei segni particolari del carattere parigino, versatile e volubile quanto la sua atmosfera.

Ora importa di cercare come le variazioni di temperatura penetrino nell'interno della Terra ed a quali limiti cessino.

Le variazioni *diurne* dipendono dalla rotazione del globo sul proprio asse, e sono calcolabili a parecchî decimetri di profondità; poi si presenta uno strato in cui cessano totalmente di manifestarsi, laddove le variazioni *annuali* dipendenti dal movimento di traslazione della Terra nella propria orbita vi sono ancora sensibilissime.

Queste ultime variazioni possono valutarsi, nei nostri climi, ad uno strato che venne chiamato *strato invariabile* delle temperature, perchè il termometro vi conserva, durante il corso dell'anno, un'altezza pressochè costante. Di maniera che devonsi concepire, al disotto del suolo, due strati limiti, uno per le variazioni diurne e l'altro per le variazioni annuali del termometro.

Sonvi pochissime osservazioni seguite sulla temperatura della Terra a diversa profondità; e il maggior numero di quelle che abbiamo non offrono forse tutte le garanzie desiderabili. I fisici che si sono occupati di tal specie di ricerche, hanno adottato in generale lo stesso sistema

d'osservazione, che consiste nel seguire l'andamento di termometri, i cui serbatoî entrano nel terreno a profondità più o meno grandi e i cui tubi sono lunghi a sufficienza perchè la scala dei gradi si trovi situata sopra la superficie del suolo. In questi ultimi tempi soltanto si è cominciato a badare alla differenza della temperatura che deve indicare necessariamente il termometro alle due estremità, il che esige una correzione tanto più rigorosa inquantochè la capacità della bolla è minore in confronto a quella del tubo.

Il più antico osservatore conosciuto che siasi occupato in modo costante della temperatura della Terra è il mercante Ott di Zurigo, che, incominciando dal 1762, fece delle ricerche durante quattro anni e mezzo, con 7 termometri posti a profondità diverse. Un'altra serie di osservazioni, non meno importante di quella di Zurigo, è stata fatta a Leith, presso Edimburgo, negli anni 1816 e 1817. Alcuni osservatori scrupolosi hanno dappoi studiato la questione molto estesamente.

Tra i primi risultati ci fu quello di constatare che il calore solare attraversa il suolo, vi si ferma in parte, fino ad una certa profondità ov' esso è spento. Nei mesi caldi la temperatura del suolo *decresce* dalla superficie fino allo strato invariabile. Nei mesi freddi *aumenta* colla profondità. Tali piccole esservazioni conducono a particolari più decisi.

Delle diverse serie d'osservazioni che sono state fatte per constatare l'andamento annuale della temperatura sotto la superficie del suolo, la migliore parmi quella dell'Osservatorio di Bruxelles, dal 1834 al 1842 diretta da Quételet. Io scelsi in tal serie tre anni, che mettono in evidenza quest'effetto termometrico secondo le profondità. Nella fig. 113 la prima linea rappresenta l'andamento del termometro posto a 19 centimetri nel terreno; la seconda quella del termometro sepolto a 45 centimetri; la terza quella della profondità di 75 centimetri. Vedesi che partendo da questo limite le lievi oscillazioni cessano di farsi sentire. La quarta linea è la curva della temperatura ad 1 metro. La quinta curva è quella di $3^m,90$, e la sesta quella che è stata data dal termometro alla profondità di $7^m,80$. I mesi dei tre anni successivi qui riprodotti sono indicati dalle loro iniziali. Tali constatazioni così si riassumono:

1.° La velocità media per la trasmissione del calore incominciando dalla superficie del suolo è stata di 144 giorni per $7^m,80$, il che dà 3 centimetri percorsi in sei giorni;

2.° Confrontate le osservazioni di Parigi, Strasburgo, Zurigo, e Bruxelles, trovasi che le variazioni annuali sono nulle alle profondità di 25 metri.

3.° La velocità colla quale le variazioni *diurne* delle temperature trasmettonsi all'interno della terra è di tre ore circa per uno strato di terra alto un decimetro;

4.° Le variazioni diurne possono essere considerate come presso a poco nulle alla profondità di $1^m,3$, cioè ad una profondità diciannove volte minore di quelle ove spengonsi le variazioni annuali.

La legge del decrescimento delle variazioni annuali della temperatura sotto la superficie della terra può esprimersi dicendo che allorquando scendesi secondo una progressione aritmetica, le ampiezze delle variazioni del termometro, nel corso d'un anno, decrescono con progressione geometrica.

La legge delle variazioni di temperatura subìte da uno stesso strato di terra, per la durata di un anno, è data dallo specchio seguente, abbastanza chiaro per sè stesso e che ci dispensa quindi da qualsiasi spiegazione:

MESI	Termometro posto alla superficie del suolo	Termometro posto alla profondità di $0^m,19$	Termometro posto alla profondità di 1 metro	Termometro posto alla profondità di $3^m,90$	Termometro posto alla profondità di $7^m,30$
Gennajo . . .	gradi 2,40	gradi 3,24	gradi 6.01	gradi 11,73	gradi 12,41
Febbrajo . . .	» 3,06	» 3,25	» 5,77	» 10,70	» 12,13
Marzo	» 4,81	» 4,55	» 6,39	» 9,97	» 11,79
Aprile	» 6,94	» 6,11	» 7,13	» 9,68	» 11 44
Maggio . . .	» 12,00	» 10,25	» 9,99	» 9,91	» 11.17
Giugno	» 15.87	» 13,84	» 13,18	» 10,75	» 11,02
Luglio	» 16.94	» 14,95	» 14,90	» 11,86	» 11,12
Agosto	» 16,71	» 15,12	» 15.73	» 13.00	» 11,41
Settembre. . .	» 14,15	» 13,22	» 15,08	» 13,81	» 11,78
Ottobre. . . .	» 9.96	» 10,21	» 13,27	» 14,06	» 12,11
Novembre. . .	» 5,69	» 6,48	» 10,06	» 13,68	» 12.40
Dicembre . .	» 3,37	» 5.66	» 8,40	» 12,76	» 12,47
L'anno . .	gradi 9,33	gradi 8,82	gradi 10,49	gradi 11,82	gradi 11,77

La temperatura media dell'anno può dedursi da quelle del suolo quando s'adoperi uno dei tre metodi che seguono:

Sia, con una sola osservazione, pigliando la temperatura della terra ad una ventina di metri, e correggendola dell'elevatezza di temperatura in ragione di questa profondità, che si può valutare un grado per 33 metri;

Oppure, con due osservazioni fatte a sei mesi di lontananza, pigliando la temperatura ad alcuni metri di profondità soltanto;

Od anche dalle osservazioni di quattro mesi ad eguali intervalli, leggendo i termometri posti all'aria libera od alla superficie del suolo.

Tra i risultati ottenuti all'Osservatorio di Bruxelles, uno dei più meritevoli d'attenzione è la misura del tempo impiegato dalla temperatura *diurna* per trasmettersi a diverse profondità:

Il termometro la cui bolla è alla superficie del suolo ha il suo massimo a 12.45 merid.
» » » per metà sotterra . . . . 12.55 merid.
» » » sotto la superficie. 1.ora
» » » alla profondità di $0^m,2$ . . . . 6.ore pom.
» » » alla profondità di $0^m,4$ . . . . 1.10 ant.
» » » alla profondità di $0^m,6$ . . . . 5.48 ant.

Quindi il massimo di temperatura presentasi, verso la superficie del suolo, un po' prima di un'ora; a 2 dm. di profondità v' ha un ritardo di 5 ore e $^1/_4$; a 4 dm. di profondità il ritardo è di 12 ore e 40 minuti; ed a 6 dm. di 17 ore circa.

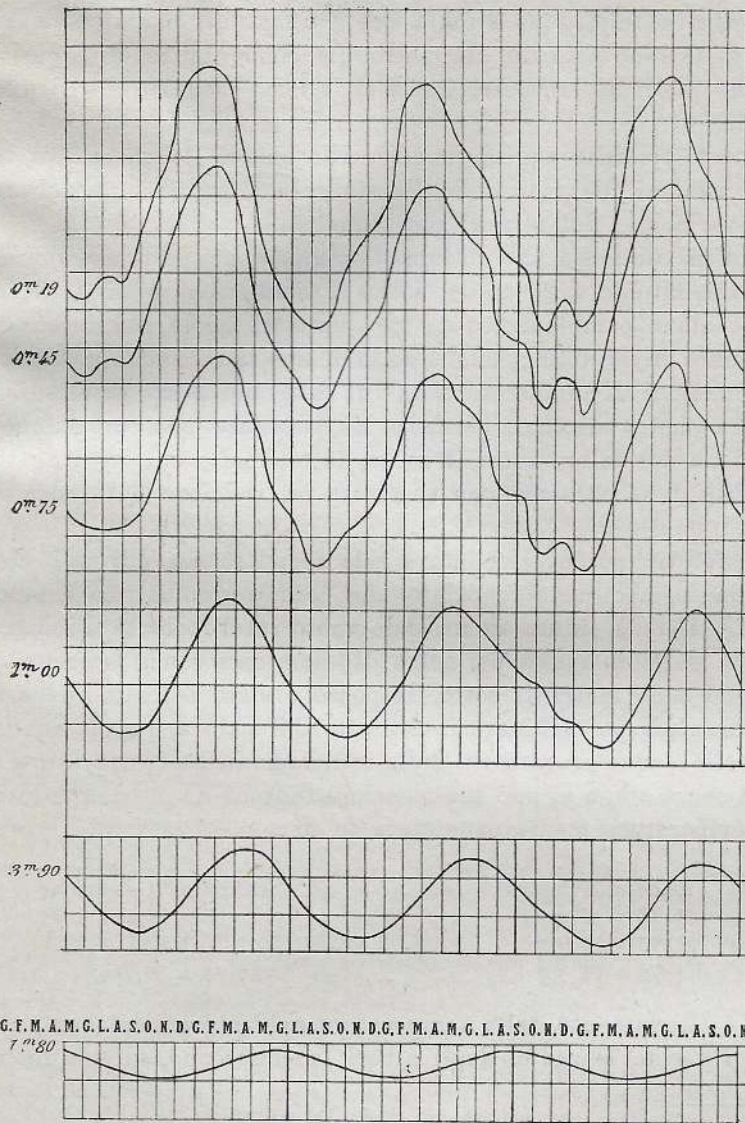



Fig. 113. — Variazioni annuali delle temperature per i termometri posti alle profondità di 19 cm., 45 cm., 75 cm., 1 metro, 3,90 e 7,80. — Curva di 3 anni consecutivi.

Il quale computo dà, termine medio, 2 ore e 40 minuti per la durata della trasmissione del massimo di temperatura, attraverso uno strato alto 1 dm.; lo strato nel quale i massimi di temperatura giungerebbero negli stessi istanti fino alla superficie del suolo troverebbesi alla profondità di 8 dm. e mezzo.

Bravais e Martins, mercè le osservazioni fatte da essi sul Faulhorn, nel 1841, hanno trovato un risultato simile all'altezza di metri 2683 sopra il livello del mare. Le nostre osservazioni sulla temperatura del suolo, dice Bravais, mi hanno provato che i massimi ed i minimi di calore diurno impiegano circa 2 ore e 54 minuti per attraversare uno strato di terreno alto un decimetro. La concordanza di questo risultato con quelli ottenuti dal Quételet, all'Osservatorio di Bruxelles, è notevole.

A queste ricerche aggiungiamo quelle che il Becquerel va facendo da più anni al Giardino delle Piante sulla distribuzione del calore e le sue variazioni nel terreno parigino.

Arago ha ammesso che siccome la temperatura delle cantine dell'Osservatorio, situate a 28 metri sotto il suolo, che è di 17°,7, non ha indicato alcun cambiamento da tre quarti di secolo, rappresenta quella dello strato invariabile; tale è stato il suo punto di partenza nelle determinazioni di temperatura da lui fatte nei pozzi artesiani.

Il termometro elettrico permette di osservare con precizione la distribuzione del calore sotto il suolo, le anomalie cui va soggetto e la possibilità di riconoscere con esattezza la posizione dello strato invariabile.

Nel 1863 un pozzo trivellato a tale scopo fu scavato nel Giardino delle Piante, nel quale fu calata una corda termometrica composta di parecchie altre e chiusa in un palo vuoto internamente e incatramato. Le corde parziali hanno permesso di esaminare senza interruzione dal suolo fino a 36 metri di sotto. Il pozzo è stato colmato in parte con calce idraulica per schivare il contatto del palo e quindi anche della corda colle acque provenienti dalle infiltrazioni. La temperatura è data con esattezza e non vi può essere errore fuorchè di $^{1}/_{10}$ di grado al più.

La temperatura media constatata fu di:

10°,64 a 1 metro	12°,64 a 21 metri
11 76 » 6 metri	12 05 » 26 metri
11 76 » 11 »	12 30 » 33 »
11 78 » 16 »	12 42 » 36 »

Tale è l'andamento della temperatura nell'interno del suolo (1). Gli insetti, i vermi, le radici degli alberi la conoscono, ed essa ha un uf-

(1) Fra queste otto stazioni, alla distanza di 5 metri ciascuna, ve ne sono tre, quelle di 24, di 31 e di 36 metri, le cui temperature non soffrono variazioni nel corso dell'anno; esse comportansi dunque in tal rapporto come lo strato invariabile, situato nei nostri climi verso la profondità di 25 metri. Queste stazioni si trovano: la prima nel calcare e le altre in un' argilla sabbiosa.

Quanto alle altre stazioni, situate ad 1 metro, 6 metri e 26 metri, le temperature sono sottoposte alle variazioni seguenti:

1.° Ad 1 metro sotto il suolo, la temperatura media va aumentando dall'inverno all'estate come nell'aria; la differenza fra il massimo ed il minimo è di 6°,92, mentre è di 18°,17 nell'aria.

ficio speciale nell'azione generale delle stagioni sulla superficie del globo.

A proposito della temperatura del suolo e della temperatura media d'un luogo, gli scienziati occupansi spesso del termometro modello de' sotterranei dell'Osservatorio di Parigi, che da molto tempo è altra delle basi fisse della graduazione dei termometri. Vediamone la storia in poche parole.

La temperatura dei sotterranei situati nello strato invariabile, di cui abbiamo più sopra parlato, dà la temperatura media dell'atmosfera esterna presa alla superficie, corretta dal leggiero accrescimento dovuto alla profondità. Siffatti sotterranei esistono sotto l'edificio dell'Osservatorio di Parigi. Sono essi alla profondità di 28 metri (86 piedi), e in ispecial guisa riparati dalle influenze esterne del grandioso monumento che li domina. Da due secoli appunto vi si osserva il termometro. Tale strato conservasi a 11°,7.

Il 24 settembre 1671 fu deposto, per la prima volta, ne' sotterranei dell'Osservatorio un termometro che vi rimase per esperimento un certo spazio di tempo; il giorno susseguente, 25, gli scienziati con molta diligenza tennero nota dell'altezza ch'esso indicava. Durante i mesi di ottobre e di novembre eglino scesero più volte ne' sotterranei e vi trovarono sempre la temperatura alla stessa altezza; il termometro era stato costruito dall'abate Mariotte. Sono queste le più antiche osservazioni fatte sulla temperatura delle cantine dell'Osservatorio.

2.° A 6 metri le variazioni seguono un andamento inverso, chè il massimo verificasi in inverno; la differenza è circa di 1 grado.

3.° A 11 metri, la variazione che è soltanto di 0°,3, indica ancora che il massimo è in inverno ed il minimo fra la primavera e l'estate.

4.° A 16 metri l'andamento della temperatura è come nell'aria; l'ampiezza della variazione è di 0°,25.

5.° Infine a 26 metri l'andamento è ancora lo stesso; la variazione è di 0°,23.

Ora, siccome da 21 metri a 36 la temperatura cresce di 0°,12 ed è stata costante a ciascuna di queste stazioni negli anni 1864, 1865 e 1866, ritengo di poterne concludere che l'aumento di temperatura è di un grado ogni 40 metri circa. Se incominciasi a calcolare l'aumento ai 21 metri, ov'è il primo strato, trovasi lo stesso risultato.

Da 6 fino a 11 metri le temperature non variano come nell'aria; i massimi ed i minimi sono in senso inverso; mentre a 16 ed a 26 metri esse seguono gli stessi periodi come nell'aria.

Questo stato di cose prova che in certe località, sotto il suolo, sonvi strati in relazione coll'aria, di cui dividono le vicissitudini, quantunque in proporzione molto minore. La relazione dipende dalle infiltrazioni d'acque pluviali sottomesse a regolare andamento, le quali recano un perturbamento nella distribuzione del calore.

Infatti le acque meteoriche che cadono sul suolo penetrano nell'interno della terra, nella quale si infiltrano obbedendo all'azione del peso; esse accumulansi sugli strati impermeabili ove formano stagni d'acqua sotterranei. Nel pozzo trivellato nel Giardino delle Piante, la carta idrologica mostra che alla profondità di 16 metri penetrasi già nello strato d'acqua che alimenta i pozzi comuni nel Giardino delle Piante. Questa distesa scorre continuamente verso la Senna e riceve direttamente le acque atmosferiche, in guisa che essa deve partecipare delle loro variazioni di temperatura. Alla profondità di 26 metri giungesi a una seconda distesa che sorge dall'argilla plastica. Comprendesi dunque come i cambiamenti di temperatura possono giungere a 0°,53 alla profondità di 26 metri. Gli stagni sotterranei, che sono alimentati direttamente da acque venute dalla superficie, devono necessariamente riprodurre, attenuandole, le variazioni di temperatura di queste ultime. I cambiamenti saranno tanto più sentiti in quanto che gli strati d'acqua trovansi ad una minore profondità ed il loro scorrimento sarà più facile e più rapido.

La costanza di tale temperatura fu tosto ammessa come fatto provato fino dallo spirare del secolo scorso. La Hire pigliò questa temperatura per uno de' punti fissi del suo termometro; la segnò a 48° della sua scala calorifica.

In una memoria pubblicata nel 1730, per la prima volta, Réaumur diede una determinazione di questa temperatura che può essere riferita ai gradi termometrici comparabili.

Nel 1783, Lavoisier costruì egli stesso un nuovo termometro, che fu posto all'Osservatorio a cura di Cassini IV. Per impedire che correnti d'aria potessero influire sulla temperatura del luogo ove ormai dovevansi fare le operazioni termometriche, Cassini pensò di far otturare con mattoni tutti gli accessi all'antica tavola dei termometri, all'infuori di una che fu chiusa da robusta porta. Egli ebbe così un vasto gabinetto sotterraneo, il quale formava una galleria lunga 33 metri, larga 2 e alta 2,66, alla quale comunicano inoltre tre altre cantine ad angiporto scavate nella pietra, di circa 1 metro quadrato su 2,66 d'altezza, destinate a ricevere bussole ed altri istrumenti di diverso genere.

Il termometro di Lavoisier è formato da un serbatojo di circa metri 0,07 di diametro, sormontato da un cannello quasi capillare lungo metri 0,57 e perfettamente calibrato: è stato graduato col sistema di confronto con un termometro modello; ogni grado della divisione Réaumur occupa 0,109 d'altezza, onde si può facilmente valutare il mezzo centesimo di grado. L'istrumento è posto in un vaso pieno d'argilla finissima e molto asciutta, che avviluppa la bolla ed anche il tubo del termometro fino a 0^m,22 del limite a cui si sostiene così il mercurio nei sotterranei. La fermata dei due osservatori nel gabinetto, per lo spazio di otto o dieci minuti, non produce alcun cambiamento nell'altezza del mercurio. Le divisioni termometriche sono segnate su di un cristallo posto contro il tubo dell'istrumento. Questo termometro di Lavoisier, che è il termometro modello dei sotterranei dell'Osservatorio, è stato collocato sotto un pilastro isolato, di contro all'antica sala dei termometri.

Dal 1782 al 1817 questo termometro si è inalzato da 11°,417 a 12°,086. Arago domandò a sè stesso se il leggiero aumento non dipendeva dal termometro medesimo. Per verificare simile congettura pregò Gay-Lussac di fare anche lui un termometro. Quel dotto fisico si arrese al desiderio, e graduò con massima cura un termometro che fu posto di fianco a quello di Lavoisier e colle medesime cautele. Si constatò un errore di + 0,380 nella graduazione dell'antico termometro a motivo dello spostamento dello zero della sua scala. (A lungo andare quasi tutti i termometri diventano falsi: lo zero, termine di ghiaccio che si scioglie, ascende lungo la scala graduata, come se la boccia contenente il mercurio si restringesse.) La temperatura del 1817 do-

veva essere ridotta a 11°,706 invece di 12°,086, e allora la differenza colla temperatura della superficie (10°,7) non era più che di 1 grado, eccesso in rapporto con l'accrescimento della temperatura a seconda della profondità.

Io sono disceso in quelle memorabili cantine il 24 settembre 1817,

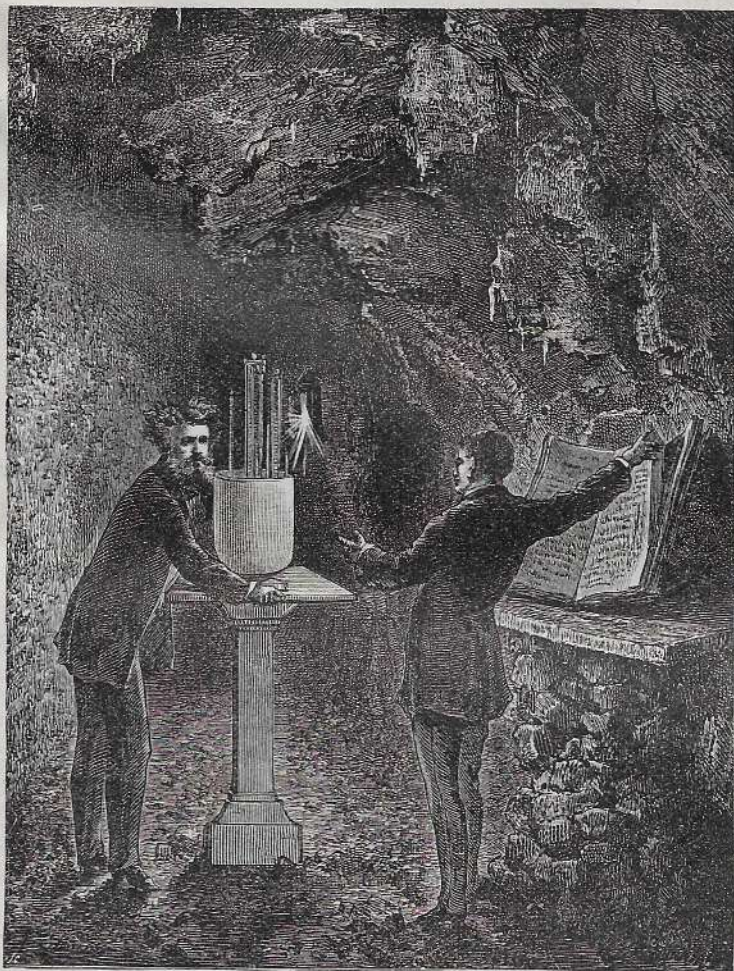



Fig. 114. — Termometro delle cantine dell'Osservatorio.

precisamente due secoli dopo la prima osservazione termometrica che vi sia stata fatta. Gli accessi che di là mettevano alle catacombe di Parigi sono stati chiusi; ma il silenzio sepolcrale che regna in quei sotterranei, invita al raccoglimento, al pari, e meglio forse, del volgare ossario vicino. Il colossale edificio di Luigi XIV, che inalza la balaustrata del suo terrazzo a 28 metri sopra il suolo, discende, al disotto,

in fondamenta della medesima profondità: 28 metri. Nell'angolo d'una sotterranea galleria vedesi una statuetta della Vergine, colà posta quello stesso anno 1671, e invocata da alcuni versi scolpiti ai suoi piedi sotto il nome di « Nostra Donna di sottoterra ». Da quivi giungesi alla galleria dei termometri, nella quale aleggia il solenne ricordo degli scienziati che l'hanno percorsa, dei Cassini, dei Réaumur, dei Lavoisier, dei Laplace, degli Humboldt, degli Arago...

Le tempeste dell'atmosfera e quelle dell'umanità non penetrarono fino in quel santuario, e la Comune del 1871, che aveva osato calcare il terrazzo superiore, ha indietreggiato innanzi all'idea di avventurare i suoi passi brutali su quei sacri gradini.

Nel 1872, il termometro di Lavoisier e quello di Gay-Lussac segnavano 11°,7.

Vedesi che è precisamente 1 grado al disopra della temperatura media di Parigi.

La temperatura media di un luogo è quella che si ottiene facendo la somma delle temperature medie annuali e dividendola per il numero degli anni durante i quali sono state fatte le osservazioni. Il modo di operare non può applicarsi che ad un dato numero di stazioni. E però si è dovuto cercare un mezzo di ottenere, mercè esperienze effettuate rapidamente, dei numeri che potessero supplire con sufficiente aprossimazione e determinazioni tanto lunghe.

Abbiamo veduto che nei nostri climi la superficie del globo prova variazioni di temperatura diurna, che più sotto trovasi uno strato il quale non soffre che cambiamenti annuali, e che finalmente ad una profondità abbastanza grande, cioè a circa 25 metri, incontrasi uno strato invariabile, vicinissimo alla media d'una lunghissima serie delle giornaliere temperature dell'atmosfera.

Nel cercare la temperatura di questo strato sufficientemente profondo, ovvero, ciò che torna lo stesso, determinando la temperatura costante delle sorgenti che scaturiscono in una contrada o da pozzi poco profondi, od anche dai sotterranei, si può dunque trovare, per la temperatura di ogni luogo, un numero che differisca pochissimo da quello calcolato, impiegando una lunga serie di temperature annuali.

Nelle regioni equinoziali basta calare un termometro alla semplice profondità di un terzo di metro in luoghi riparati, perchè esso abbia a segnare costantemente lo stesso grado con uno o due decimi di differenza. A tale scopo scavasi una buca nei piani terreni sotto capanne d'Indiani, o sotto semplici tettoje, in luoghi ove il suolo è al riparo dal riscaldamento diretto prodotto dall'assorbimento della luce solare, dell'irradiamento notturno e dell'infiltrazione delle pioggie.

Se pigliasi la temperatura delle fonti per quella dell'interno della

terra trovasi una concordanza grandissima per la zona compresa di 30° e 55,° di latitudine, sempreché i luoghi non siano elevati più di 1000 metri sopra il livello del mare.

Per latitudini superiori a 55°, la differenza fra la temperatura dell'aria e delle fonti si accresce in modo sensibile.

Verso la cima delle Alpi svizzere, oltre 1400 e 1500 metri d'altezza, come nelle alti latitudini, le sorgenti della terra sono di 3 gradi più calde dell'aria.

Nei paesi meridionali la temperatura delle fonti e del suolo sono inferiori alle temperature medie dell'aria, come lo si vede dai rapporti di Humboldt e di Leopoldo Buch.

Sotto le nostre latitudini, questa temperatura è eguale a quella del

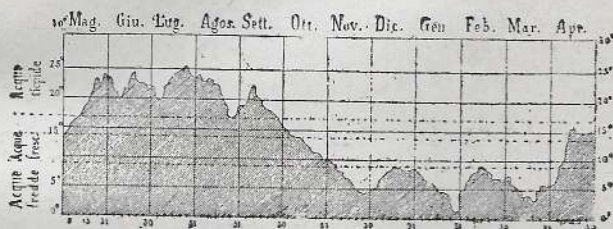



Fig. 115. — Temperatura della Senna a Parigi.
(Dal 1.° maggio 1868 al 30 aprile 1869.)

suolo vicino alla superficie ed è alquanto superiore alla media del luogo.

La temperatura dei fiumi varia colle stagioni, come quella dell'aria ma con minori oscillazioni. Sotto le nostre latitudini le sue variazioni si estendono da zero fino a trenta gradi. La figura 115 fornisce quella della Senna nel corso di un anno a Parigi.

In luglio tale temperatura elevasi ogni anno fino a 25 gradi e qualche volta più. In gennajo essa discende piuttosto di sovente fino a zero; vedremo più lungi le epoche in cui il fiume permette il passaggio di veicoli e gela anche completamente.

Giova ora per noi di completare quest'insieme di studî sulla meteorologia dei nostri climi mediante il quadro delle *temperature medie di Parigi fin dal principio del secolo,* alle quali aggiungiamo le temperature eccezionali che sono state registrate a Parigi, sia come minime, sia come massime.

Questi dati sono quelli dell'Osservatorio (termometro del muro a settentrione della sala meridiana). L'inverno comprende il mese di dicembre dell'anno precedente, gennajo e febbrajo; l'estate comprende giugno, luglio ed agosto; si compone integralmente del periodo civile dal 1.° gennajo al 31 dicembre.

TEMPERATURE MEDIE REGISTRATE ALL'OSSERVATORIO DI PARIGI

Anni	FREDDI		CALDI		
	dell'inverno (dic. genn. feb.)	ECCEZIONALI	dell'estate (giug. lug. ag.)	ECCEZIONALI	dell'anno
1800	» »		» »		10°,2
1801	» »		» »		10 7
1802	» »		» »		10 0
1803	» »		» »		10 6
1804	5°,0		18°,6		11 1
1805	2 2		17 3		9 7
1806	4 8		18 5		11 9
1807	5 6		19 7		10 8
1808	2 6		19 1	(15 lug. 36°,2)	10 4
1809	4 9		16 9		10 6
1810	2 0		17 5		10 6
1811	4 0		18 1		12 0
1812	4 1		17 2		9 0
1813	1 8		16 5		10 5
1814	0 9		17 4		9 2
1815	4 3		17 1		10 8
1816	2 2		15 3		9 5
1817	5 2		17 1		10 4
1818	3 5		19 2		11 3
1819	4 1		18 2		11 1
1820	1 9	(11 genn. — 14°,3)	17 4		9 8
1821	2 5		17 2		11 1
1822	6 0		19 7		12 1
1823	1 4	(14 genn. — 14°,6)	17 1		10 4
1824	4 4		17 8		11 2
1825	4 9		18 9	(19 luglio 36°,3)	11 7
1826	3 7		20 2	(1 agosto 31°,2)	11 4
1827	1 1		18 0		10 8
1828	6 0		18 0		11 0
1829	3 1	(24 genn. — 17°,0)	17 5		9 1
1830	1 6	(17 genn. — 17°,2)	17 3		10 1
1831	3 6		18 4		11 7
1832	3 5		19 2		20 8
1833	3 7		17 7		10 9
1834	6 3		20 4		12 3
1835	4 7		19 2		10 7
1836	1 9		17 5		10 7
1837	3 9		19 0		10 0
1838	6 0	(20 genn. — 19°,0)	17 5		9 2

TEMPERATURE MEDIE REGISTRATE ALL'OSSERVATORIO DI PARIGI

Anni	dell'inverno (dic. gen. feb.)	Freddi eccezionali	dell'estate (giug. lug. ag.)	Caldi eccezionali	dell'anno
1839	3°,2		18°,4		10°,9
1840	4 2		18 5		10 3
1841	0 9		16 7		11 2
1842	2 9		20 7	(18 agosto 37°,2)	11 0
1843	4 1		17 8		11 3
1844	3 3		16 9		10 2
1845	0 4		17 0		9 7
1846	5 8		20 6	(5 luglio 36°,5)	11 7
1847	1 7	(19 dic. 1846 — 14°,7)	18 4		10 8
1848	3 3		18 6		11 4
1849	5 9		18 4		10 6
1850	3 8		18 4		10 6
1851	4 3		18 2		10 5
1852	4 0		19 3	(16 luglio 35°.5)	11 7
1853	5 3		17 9		10 1
1854	3 0	(30 dic. 1853 — 14°,0)	17 2		10 9
1855	2 1		15 6		9 5
1857	3 2		19 2	(4 agosto 36°,2)	11 3
1858	2 4		19 2		10 4
1859	4 4		19 5		11 4
1860	3 4		15 6		9 2
1861	2 2		18 1		10 7
1862	1 8		16 9		10 7
1863	5 1		18 7		11 4
1864	3 1		17 0		9 9
1865	3 1		18 5		11 4
1866	4 5		17 9		11 1
1867	3 8		17 6		10 5
1868	2 7		19 4	(22 luglio 34°)	11 8
1869	4 6		17 4		10 7
1870	2 5		18 5		10 2
1871	1 8	(25 dic. 1870 — 12°)	18 5		10 0
1872	3 9	(9 dic. 1871 — 21°,5)			
Media generale . .	3°,2		18°,3		10°,7

Risulta da questa tavola che a Parigi, fino dal principio del secolo, l'inverno più freddo è stato quello del 1830, il più caldo quello del 1834; l'estate più fredda quella del 1816, la più calda quella del 1842; l'anno più freddo è il 1829, e il più caldo il 1834.

Questa lista ha per iscopo di dare semplicemente lo stato medio annuale estivo e invernale della temperatura, constatato all' Osservatorio di Parigi. Vedremo più innanzi che vi sono stati in Francia freddi più rigorosi e caldi più elevati dei numeri or ora citati, e la cui osservazione è stata fatta su punti diversi.

Abbiamo detto che se si pigliassero le temperature medie d'ogni giorno dell' anno a Parigi, troverebbesi un aumento di calore dalla prima settimana di gennajo fino alla metà di luglio, e in seguito una diminuzione costante da quest' ultima data per ritornare alla prima. Lo stesso fenomeno generale però non è privo di alcune discontinuità. Le cose non avvengono molto semplicemente.

È vero che, in un modo complessivo, è il movimento della Terra che dà origine alle grandi fasi della temperatura, e che produce nei nostri climi, per es., un minimo in gennajo ed un massimo in luglio. Ma la curva che riunisce questi punti estremi non è una curva assolutamente regolare.

Vi si trovano variazioni che dipendono dalla direzione dei venti, come vedremo, dallo stato del cielo, dalle correnti generali, da diverse cause variabili da un anno all'altro. Ma vuolsi qui fare una curiosa osservazione, ed è che parecchie di tali variazioni sembrano periodiche.

L'osservazione incessante ed interessata delle popolazioni, e specialmente delle popolazioni della campagna, da tempo immemorabile aveva consacrate alcune di siffatte variazioni periodiche con sentenze cui la moderna scienza ha avuto torto di trascurare. Così intorno al 12 febbrajo, al 12 maggio, al 12 agosto e al 12 novembre manifestasi quasi ogni anno una variazione anormale di temperatura (1).

L' azione del Sole produce quindi nella temperatura dell'aria queste variazioni secondo le ore del giorno e secondo i mesi dell'anno, che constatiamo mercè le nostre sensazioni dirette e che il termometro indica in modo più preciso. Questa stessa azione solare produce una variazione diurna e una variazione mensuale del barometro che importa di studiare in queste pagine, poichè è una conseguenza della temperatura.

L' atmosfera s'inalza e s'abbassa ogni giorno due volte, in un ritmo del quale il Sole stesso batte il tempo. Il barometro che dà il peso della massa aerea, sale gradatamente dalle quattro alle dieci antimeridiane. Questa marea atmosferica non è dipendente, come quella del mare, dall' attrazione della luna e del sole, poichè essa verificasi tutti i giorni alla stessa ora e non segue il corso della luna. Essa è dovuta alla dilatazione prodotta dal calore solare od all' aumento del vapore d' acqua cagionato parimenti da questo calore solare.

---

(1) Veggasi in Appendice la nota sui santi di ghiaccio.

Tale variazione barometrica non è enorme, chè non raggiunge mai neppure 3 millimetri.

Le *variazioni diurne* del barometro furono constatate in modo certo verso l'anno 1722 dalle osservazioni di un olandese, il cui nome rimase sconosciuto. Da quel tempo parecchî osservatori hanno tentato di determinare l'estensione ed i periodi per diversi luoghi della terra. A. di Humboldt ha dimostrato, con lunghe serie di osservazioni esattissime, che, sotto l'equatore, l'altezza massima corrisponde alle nove antim.; passate le nove, il barometro discende fino alle quattro ore od anche fino alle tre e mezza pom., ove raggiunge il minimo; in seguito risale fino alle undici pom., ove tocca un secondo massimo, e ridiscende per ultimo fino alle quattro ore ant. Ond'è che ogni giorno esso passa dai due minimi delle quattro ant. e delle quattro pom., e dai due massimi delle nove ant. e delle nove pom. I movimenti sono così regolari che si può, colla semplice ispezione del barometro, determinare l'ora, specialmente durante il giorno, senz'aver da temere, in media, un errore fra i quindici e i diciassette minuti; essa è sì permanente, che non la possono alterare nè la tempesta, nè l'uragano, nè la pioggia, nè i terremoti; essa persiste nelle calde regioni del litorale del nuovo mondo, come sugli altipiani ad oltre 6000 metri, ove la temperatura media scende a 7°. L'ampiezza delle oscillazioni diminuisce mano mano che aumenta la latitudine, negli stessi limiti che la temperatura media d'un luogo è in generale tanto più elevata quanto più vicino è questo luogo all'equatore.

Alle Antille, ove C. Sainte-Claire-Deville ha raccolto una tra le più laboriose serie di osservazioni, trovasi un massimo ben determinato per l'oscillazione diurna lungo la costa settentrionale dell'America che guarda il mare delle Antille. Le stazioni di questo litorale danno in media un'ampiezza di $2^{m},70$, mentre quest'ampiezza è minore per tutte le altre stazioni, siano situate a settentrione o a mezzodì della regione litorale di cui si tratta.

Ora le coste settentrionali di Venezuela e della Nuova Granata sono precisamente quelle seguite dall'equatore termale che s'inalza in quei paraggi fino al dodicesimo grado di latitudine boreale, per inflettersi di nuovo verso l'equatore, dalle due parti del continente. Il luogo delle oscillazioni massime del barometro è dunque lo stesso di quello delle temperature massime, e i due fenomeni seguono un andamento simile nella zona intertropicale americana. Del resto quest'è perfettamente in rapporto colle cause che influiscono sulla ripartizione delle temperature nelle diverse ore del giorno.

Si è riconosciuto nelle varie osservazioni fatte che l'ampiezza della oscillazione totale diminuisce col crescere dell'altitudine. Si può dire in un modo generale che quest'ampiezza è una funzione della temperatura

media del luogo, o che l'una decresce coll'altra, tanto secondo le due coordinate della latitudine o della longitudine, quanto secondo la coordinata verticale dell'altitudine.

« Sia che, in una stessa località, dice Deville, ricerchinsi gli istanti delle pressioni esterne diurne (alle quali fu dato il nome di ore tropiche), o gli estremi annuali dell'ampiezza, sia che si confrontino sotto tal doppio rapporto due località che differiscono tra di esse per le loro coordinate geografiche, ponendosi, in una parola, dal punto di vista del tempo come da quello dello spazio, trovasi che i diversi elementi dell'oscillazione totale subiscono l'influenza costante del calore solare. »

Ecco in quali proporzioni l'oscillazione diurna del barometro varia colla latitudine:

Luoghi.	Latitudine.	Altezza media.	Oscillazione diurna.
Lima	12° 3' S.	741,72	2mm,71
Caracas.	10 31 N.	681,93	2 17
Payta	5 6 S.	757,96	2 08
Santa Fè di Bogota .	4 36 N.	759,90	2 01
Ibaguè	4 27	658,70	1 92
Calcutta	22 35	758,86	1 84
Cumana	10 28	756,15	1 78
Rio Janeiro	22 54 S.	764,95	1 70
Messico.	19 26 N.	583,13	1 59
Cairo	30 2	757,28	1 54
Roma	41 54	761,24	1 00
Basilea	47 34	738,79	0 85
Bruxelles	50 50	757,06	0 80
Parigi	48 50	755,82	0 72
Francoforte	50 8	752,47	0 55
Dresda	51 7	744,42	0 47
Berlino	52 33	758,63	0 34
Cracovia	50 4	742,38	0 30
Edimburgo.	55 55	746,90	0 21
Konisberga	54 42	760,88	0 19
Pietroburgo	59 56	659,31	0 13

L'ultima colonna di questo specchietto dimostra che al 60° grado di latitudine l'oscillazione barometrica è quasi nulla.

Nei nostri climi, tali variazioni orarie sono siffattamente nascoste dalle alterazioni accidentali, che, per scoprirle e misurarle, ci voleva tutta la sagacia e la precisione di un fisico instancabile. Soltanto colle medie di più anni d'osservazioni prese con esattezza e nelle ore convenienti si possono misurare i periodi orarî. A ciò volle sottostare Ramond. Egli ha riconosciuto che le loro epoche variano colle stagioni. In inverno, il massimo è alle 9 antimeridiane, il minimo alle 3 pomeridiane, ed il secondo massimo alle 9 pomeridiane. D'estate il mas

simo verificasi prima delle 9 antimeridiane, il mimimo alle 4 pomeridiane, ed il secondo massimo alle 11 pomeridiane.

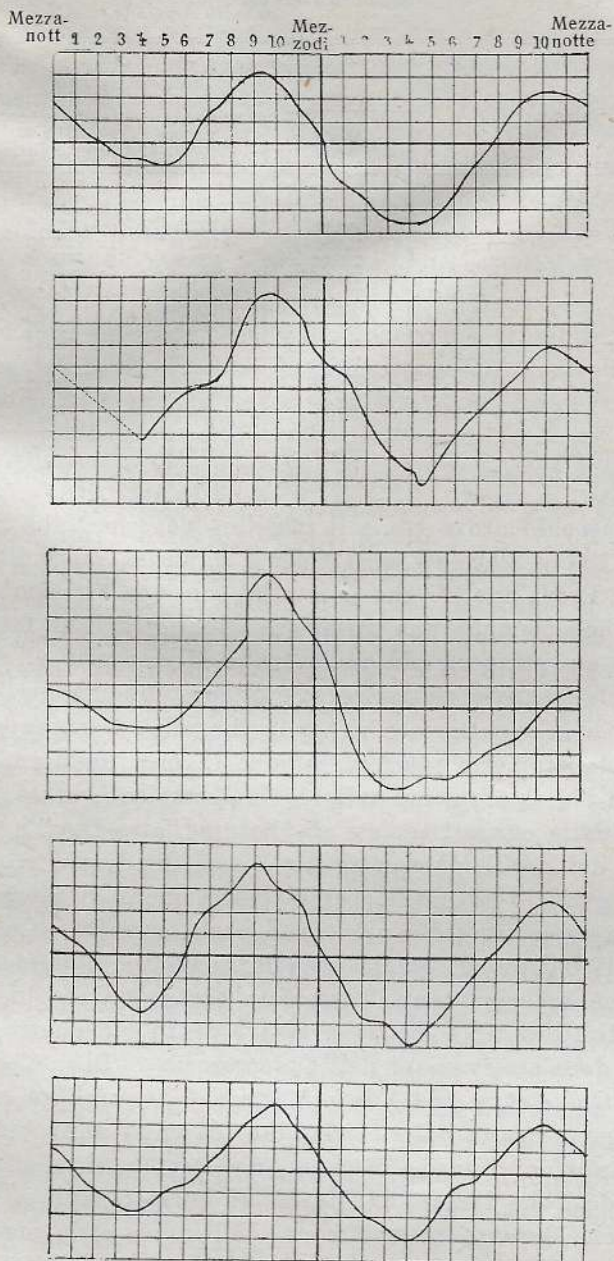



Fig. 116. — Oscillazione diurna regolare del barometro
1. Isola dell'Ascensione. — 2. Porto di Spagna. — 3. Acapulco. — 4. Cumana. — 5. Terra Bassa.

(Scala di 1 mm. per un decimo di millimetro.)

Ecco la variazione atmosferica diurna e mensuale dipendente dalla dilatazione dell' aria per effetto del calore solare, rappresentata dalle medie barometriche dell'Osservatorio di Parigi:

MESI	ALTEZZE MEDIE DEL BAROMETRO RIDOTTO ALLA temperatura di 0°			
	Alle 9 antimeridiane	A mezzodì	Alle 3 pomeridiane	Alle 9 pomeridiane
	mm.	mm.	mm.	mm.
Gennajo	757,22	757,16	756,52	756,88
Febbrajo	756,86	756,43	756,06	756,45
Marzo	756,22	755,97	755,38	755,92
Aprile	754,49	754,09	753,80	754,20
Maggio	755,31	755,05	754,54	755,02
Giugno	756,57	756,31	755,85	756,21
Luglio	756,55	756,20	756,01	756,30
Agosto	756,41	756,05	755,60	756,07
Settembre	756,22	756,93	755,41	755,93
Ottobre	755,74	755,51	755,00	755,50
Novembre	755,33	755,05	754,65	755,07
Dicembre	757,31	757,81	756,78	757,19
Media dell'anno	756,186	755,880	755,78	755,895

Questo specchio prova come il massimo della mattina raggiunga in media (756,186 — 755,446 =) 0^{mm},72 d'ampiezza sopra il minimo del pomeriggio. Prova inoltre che non v' ha solo una variazione *diurna* del barometro, ma benanco una variazione *mensuale*. È un fatto analogo al primo però compiuto su più vasta scala. Il mercurio si abbassa gradatamente da gennajo ad aprile, sale un poco fino in luglio, ridiscende alquanto fino in novembre e risale in dicembre e gennajo. Siffatto andamento del barometro quasi in ragione inversa del termometro manifestasi assai più chiaramente nelle regioni tropicali, come lo si deduce facilmente dalle curve tracciate da Sainte-Claire-Deville alle Antille. L'ampiezza dell'oscillazione mensuale è in media di (757,16 — 754,09 =) 3^{mm},07, fra gennajo ed aprile, per le osservazioni di mezzogiorno. Più ci avviciniamo ai tropici e più essa è considerevole: a Calcutta i miei colleghi dell' Istituto di quella città mi mandano il numero di 17 millimetri come rappresentanti l' ampiezza fra gennajo e luglio, curve di una serie di 10 anni; a Benarès, essa è di 15 millimetri.

La serie delle osservazioni dell' Osservatorio di Bruxelles, mandatami dal signor Quételet, e che è la più lunga e la migliore che siasi fatta fino ad oggi, dimostra col suo risultato di trent' anni che nei nostri climi le variazioni diurne e mensuali risultano molto distinte. Confrontandole, vedesi che i massimi diurni di temperatura si mantengono piuttosto bene durante tutto il corso dell' anno, così verso le 10 ant. come verso le 10 pom. Quanto ai minini, la loro distanza è maggiore d' estate che d' inverno; questi due termini si scostano successivamente l' uno dall' altro quando ci avviciniamo ai mesi d' estate. Ne' giorni più

brevi (in novembre, dicembre e gennajo) i minimi sono discosti soltanto di otto ore; ricorrono alle 6 ant. ed alle 2 pom.; mentre negli altri mesi si scostano di più per poscia ravvicinarsi.

Supposto che quattro curve passino dai punti indicanti i due massimi e i due minimi d'ogni mese dell'anno, queste curve saranno più vicine alla linea del mezzodì in gennajo e in dicembre, e ne saranno più lontane in giugno. Esse presentano presso a poco le stesse inflessioni delle due linee indicanti il principio e la fine del giorno durante le quattro stagioni.

Il primo minimo varia di più di due ore; esso precede infatti mezzodì di 8 ore e 30 minuti in giugno, e soltanto di 6 ore e 22 minuti in dicembre.

Lo spostamento del primo massimo è parimenti sensibile; questo termine estremo verificasi alle ore 10 e 50 minuti ant. in febbrajo ed alle 8 e 40 minuti in giugno; tuttavia esistono cause locali che possono influire sulle epoche di questi termini estremi.

L'epoca del secondo minimo varia in confini ancora più larghi: si presenta alle 2 e 15 minuti pom. in gennajo, ed alle 5 e 30 minuti in giugno; l'intervallo è di 3 ore ed un quarto.

I confini tra cui varia l'epoca barometrica sono, pel primo massimo come pel primo minimo, di quasi due ore. Lo spazio di tempo che scorre tra il primo massimo ed il secondo minimo merita particolare attenzione; questi due termini confini non sono disgiunti che di 4 ore in gennajo, e la loro separazione è di 8 ore e 50 minuti in giugno; quest'ultimo intervallo è più che doppio del primo.

La formola indica che la variazione diurna totale componesi della combinazione di *due onde*: una, quasi nulla, che, nello spazio di 21 ore, ha un massimo ed un minimo di $0^{mm},03$ soltanto, e l'altra, sensibilissima, che ha due massimi e due minimi di $0^{mm},25$.

Tali sono le variazioni regolari del barometro, dovute all'azione diurna e annuale del calore solare. Sono le minori. L'atmosfera è in continuo moto sotto l'influenza delle forze che acquistano una maggiore intensità, quantunque abbiano la stessa origine. Le variazioni irregolari si esercitano in un'ampiezza molto più considerevole. Quest'ampiezza aumenta andando dall'equatore ai poli. Mentre le differenze estreme del barometro non oltrepassano in media alcuni millimetri nelle regioni equatoriali (è fatta eccezione dei cicloni di cui si parlerà più innanzi), esse giungono a 50 o 60 millimetri nelle nostre latitudini.

Le più forti alterazioni barometriche si verificano d'inverno, mentre le più deboli cadono in estate.

Nullameno, ad ogni epoca dell'anno, il barometro accusa una maggiore altezza durante i mimini di temperatura che durante i massimi.

Nei mesi d' autunno e d' inverno in ispecial guisa, le differenze di tem peratura fanno meglio sentire la loro influenza sull' altezza del mer-

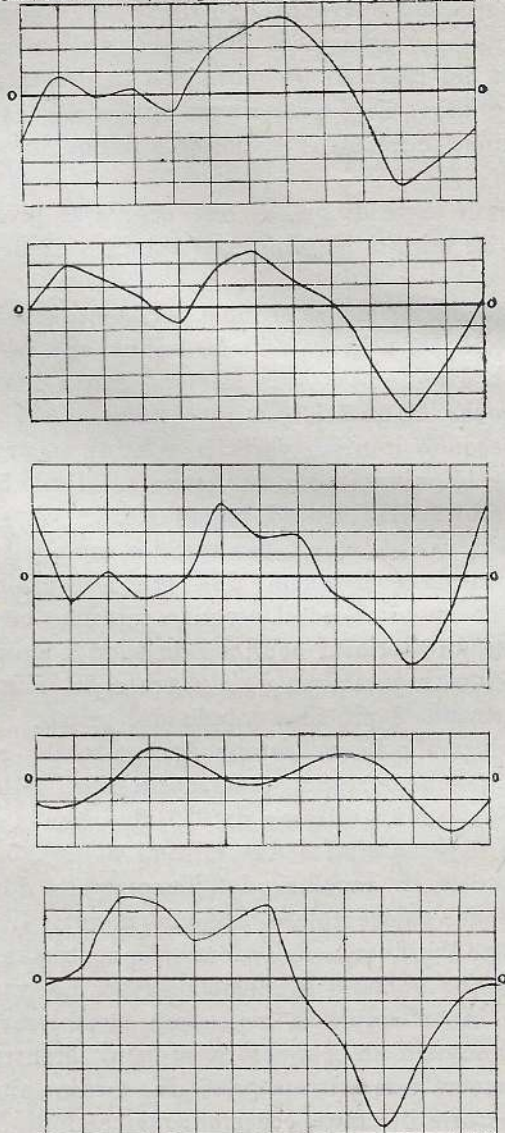



Fig. 117. — Oscillazione mensuale regolare del barometro.
1. Cajenna. — 2. Gujana inglese. — 3. La Trinità. — 4. Santa Fè di Bogota. — 5. Guadalupa.
(Scala di 1 mm. per un decimo di millimetro.)

curio. Di primavera quest' influenza è meno avvertita e in gran parte viene mascherata da cause più attive.

Non tutta l' atmosfera è messa in moto da tali variazioni di tempe-

rature inferiori, prodotte dalla durata più o meno lunga delle stagioni e dalle differenze delle temperature e dall' ineguale lunghezza dei giorni; queste variazioni cagionano, è bensì vero, agitazioni atmosferiche molto più elevate d'estate che d'inverno: ma esse non si elevano nella prima stagione a più di sei od otto leghe, e nella seconda alla metà di quest'altezza. La parte più elevata è relativamente in uno stato immobile.

Le *maree* atmosferiche, all' opposto, dovute all' alterazione del Sole e della Luna, e che sono appena sensibili nei nostri bassi fondi, debbono riuscire più sentite nelle grandi altezze che non le oscillazioni dipendenti dal cuore.

Vedremo più innanzi le variazioni barometriche dipendenti dai venti, dalle tempeste, dagli uragani, che caratterizzano i cambiamenti di tempo.

Vediamo ora le stagioni considerate in sè stesse. E dapprima, salute all' opera del Sole, alla Primavera ed all' Estate.

CAPITOLO V.

La Primavera — L' Estate.

LA VITA VEGETALE ED ANIMALE — GRADI DI CALORE NECESSARIO ALLE DIVERSE PIANTE — I CEREALI; IL GRANO; LA MESSE; LA VITE; LA VENDEMMIA.

Le estati memorabili — Le più alte temperature osservate.

Noi abbiamo apprezzato testè il meccanismo delle stagioni e le variazioni mensuali della temperatura cagionate dal trasporto obliquo del nostro pianeta intorno al foco solare. Le cifre da noi constatate ci hanno data l'esatta misura dell' azione calorifica del Sole sulla superficie terrestre che abitiamo. Ma questo non è altro che una causa, e invece quanto maggiormente c' interessa sono gli effetti che essa produce.

Se la Terra fosse un globo di marmo o di sasso, poco ne importerebbe misurare la variazione termometrica ch' essa potrebbe provare nel corso dell' anno. Ma essa è ravvolta in un fluido aereo continuamente agitato dalla forza calorifera che scende dal grande astro, è circondata da un oceano liquido, la cui superficie si solleva in vapori più o meno condensati attraverso l'atmosfera, da un tappeto di piante che costituiscono insieme l' alimento del regno animale e l' ornamento del pianeta; e queste piante che ora formano immense praterie, opulenti pascoli, ora sviluppano nelle pianure quei solchi d' oro che danno il pane quotidiano, ora abbelliscono le coste dei paesi temperati colla vite dai pesanti grappoli, queste piante son per noi il gran termometro dell' azione vitale dell' astro generatore: son esse che ci manifestano il vero e interessante cammino delle stagioni sul nostro pianeta, son esse che debbono ora occuparci, poichè tutto il meccanismo astronomico e meteorologico dianzi studiato è devoluto allo sviluppo della vita.

Mettiamoci dapprima nel sepolcro dell' inverno e meglio sapremo apprezzare lo splendore della risurrezione. Nevoso, piovoso, ventoso, l' in-

verno ha velato il cielo col suo triste manto; ha steso sulla terra il sudario agghiacciato delle nevi e delle brine. La morte, l'immobilità regnano sui melanconici giorni di febbrajo, senza sole e senza luce; un cielo di piombo pesa sulle nostre teste, la natura è muta, gli scheletri degli alberi se ne stanno silenziosi e immobili sulla bianca pianura, e il ruscello che mormoreggiava a' loro piedi si è fermato agghiacciato sotto il soffio letargico. . Ma ecco la primavera! La raggiante, sorridente silfide nunzia dell'estate! Germile, Fiorile, Pratile appajono colle loro ali palpitanti, tessute di raggi solari, e gettano nell'aria al divino Sole le note de' loro concerti. I veli dell'atmosfera si squarciano e svaniscono, il vento ghiacciato d'inverno lascia il posto allo zeffiro ed alla brezza il ruscello ripiglia il sospeso cammino, la neve si scioglie, e la verdeggiante prateria spiegasi di nuovo sotto le carezze della primavera! È il mese delle rose e dei profumi, delle capinere e delle canzoni. La natura ringiovanita risvegliasi da un sonno letargico; i germi delle piante sentono scoppiarsi il cuore, il loro succo sale nei rami verso la luce, nascono le fogl e, spuntano le gemme, e i fiori dischiudono fonti di profumi, che il soffio delle belle sere involerà sotto i cieli.

Fig. 118.

Come imagine, come simbolo della primavera, della vita rinascente e molteplice, osserviamo un istante un uccello, il divino abitante dell'aria, nel quale sembra incarnata tutta la bellezza della natura, e che, per molte ragioni, spesso potrebbe servire di modello alla nostra grande umanità.

Nel fondo del tacito bosco, turbato appena dal mormorìo della fonte, piovono infra i rami i raggi del sole di maggio; due piccoli esseri cantano e cinguettano. Che diconsi tra loro in quel dolce linguaggio? I loro cuori palpitano, e sì forte che da lungi possiamo perfino distinguerne i battiti. Che è mai questo uccellino de' boschi, dal cuore grosso quanto il corpo, e che, nella purezza del cielo e dell'atmosfera profumata, vive solo per amare e cantare, per abbandonarsi senza riserbo all'ardente fiamma che è tutta la sua vita!

I nostri padri vedevano nell'uovo il simbolo della culla del mondo e della formazione dell'universo. In esso ancor vediamo riflettersi, per così dire, tutto il quadro della natura. Ora non è più il Sole che contempliamo, nè i suoi raggi che misuriamo numericamente, ma la loro metamorfosi nella vita. Quest'uovo inerte in apparenza, puro ciottolo per le mani e per gli occhi, questo granello è la speranza della giovine madre, ridente jeri, leggiera e non curante oggi, riflessiva, pensosa e paziente fino all'abnegazione assoluta, che per molti giorni e molte

notti si condanna a starsene immobile sull'oggetto ch'essa sta covando col proprio calore e coll'istintivo amore! Ed ecco che la vita si manifesta, *a vita,* sotto tale scorza; e i trasalimenti nell'uovo rispondono all'ansietà della piccola covatrice. Poi è lo stesso misterioso figlio del calore che sta per dar di becco nella prigione che lo racchiude e uscire già dalla sua gabbia per l'aria luminosa, per la libertà...

La corrispondenza che si rileva fra le funzioni della vita organica nel regno vegetale e nel regno animale e l'accrescimento del calore solare è sì assoluta, che certe scuole filosofiche dell'antichità e dei tempi moderni non hanno veduto nella vita che un effetto delle forze cieche della natura. Gli uomini, nell'ammettere queste idee incomplete, non avevano riflettuto che esistono nell'universo tre mondi essenzialmente distinti, il mondo del pensiero, il mondo delle forze e il mondo della materia. Siccome il pensiero, l'intelligenza, le facoltà spirituali e morali non hanno nulla di comune nè colla forza, nè colla materia, non possono essere il prodotto delle cose inferiori ad esse in potenza. Le forze, come il calore, la luce, l'elettricità, l'attrazione, non sono neppure esse proprietà della materia, poichè è facile dimostrare che la materia è *governata* da esse matematicamente, e sotto la loro dipendenza. I fenomeni della natura, come quelli che si manifestano nel rinnovamento annuale da parte della vita terrestre in primavera, per esempio, ci mostrano in presenza questi tre ordini di entità: il *pensiero* nell'organamento generale del sistema, la *forza* nell'esecuzione delle opere della natura, e gli *atomi* inerti della materia diretti dal pensiero e dall'intermediario della forza per conservare su questo pianeta la somma di esistenza che gli è affidata e sviluppata nel progresso.

Fig. 119.

Il piano della natura si rivela tanto negli atti instintivi dell'uccelletto dei boschi, quanto nel movimento degli astri che percorrono l'immensità. E qui abbiamo inoltre il principio del pensiero individuale che si manifesta nello spirito del piccolo essere vivente e pensante. Gli uccelli sbucciano con grande sorpresa, forse, della chioccia; ma bisogna nutrirli ed educarli. Appena nati, eccoli affamati e ciarlieri; bisogna porsi in via, e recare con sollecitudine al nido, pezzo per pezzo, ogni beccata. Il nido è costruito per evitare il sole, il vento e la pioggia. Quante cure! quale incessante lavoro! E quando il corpo non ha più fame, è necessario occuparsi della mente. Il cuore sarà sempre ardente

e devoto; ma lo spirito? L'educazione di un uccello non è affar lieve. Evitare i cattivi ed anche i buoni (poichè su questo pianeta le apparenze sono ingannatrici), sottrarsi all'uccello da preda come al cacciatore. E il maggior noviziato dell'avviamento: volare « più pesante dell'aria » nell'aria stessa; superare ad un tempo al primo batter d'ali e l'aeronauta, trastullo del vento, e l'astronomo che non sa orientarsi senza stelle, e il marinajo la cui bussola è meno sicura del volo istintivo dell' uccello verso la calma.

Havvi in tutta la natura un quadro più meraviglioso e più istruttivo di quello della primavera? Qual contrasto fra i ghiacci dell' inverno e il tepido irradiamento del nuovo sole; fra il cadavere stecchito e diacciato e la sorridente risurrezione di una gioventù sempre nuova! Egli è specialmente nelle montagne della Svizzera, sul versante delle Alpi, di contro ai taciti laghi, che l'occhio umano più vivamente afferra la

Fig. 120

profonda trasformazione dovuta all'oscillazione dell'asse terrestre relativamente al Sole.

Durante la stagione ghiacciata, le regioni nevose sono inaccessibili. Ma non appena viene la primavera, un soffio di mezzogiorno fonde la pallida corona delle alte vette, tutto cambia, tutto si anima sulla montagna; la vita, paralizzata durante sette mesi, sembra voglia riguadagnare il tempo perduto. Le erbe crescono in abbondanza, i fiori sbucciano con una prodigalità che incanta, che maraviglia il passaggiero. Il favoloso Eden non avrebbe potuto avere nè più freschi prati, nè ricami più eleganti, nè più sontuose corolle. Gli armenti, a lungo prigionieri, escono dalle stalle e dagli ovili. I pastori li guidano sulle praterie imbalsamate, ove troveranno ormai saporiti banchetti. Gli uccelli cantano, le finestre s'aprono e le parole di Gœthe, quando Faust descrive « la passeggiata fuori delle mura » vi ritornano alla memoria:

« .... Dall'ampia, oscura porta
Si riversa di gente un brulicame:
Cerca ognun volontieri i luoghi aprichi,

> E festeggia il gran dì che dal Sepolcro
> Risorto è il Redentor; risorti anch'essi
> Fuor de' loro ammuffiti, umili alberghi,
> Fuor de' vincoli ingrati, in cui li stringe
> Il traffico o il lavor, fuor dall'angustia
> Di tettoje insalubri o di soffitti,
> Fuor da storpie viuzze o dalla notte
> Veneranda de' Templi: e tutti a gara
> Sboccano al raggio che ricrea.... » (1).

È specialmente nel regno vegetale che manifestasi l'opera del calore solare: e però è sul gran libro della natura terrestre che meglio possiamo leggere la progressione dell' influenza del Sole durante la stagione primaverile ed estiva. Sebbene il tubo inanimato del termometro sia un'eccellente misura di constatazione, tuttavia giova completare le indicazioni coll'esame della scala, assai più vasta, della vegetazione. La meteorologia non giungerà ad acquistarsi il nome di scienza che dal giorno in cui, collo studio lungo e paziente dei fatti, potremo abbracciare, sotto il medesimo sguardo, l'azione annua del Sole sul nostro pianeta e tutti i suoi effetti nella natura. — Il nostro corrispondente A. Quételet, di cui già molte volte abbiamo citato i lavori in quest'opera, essendo egli uno dei primi promotori della meteorologia, è il primo astronomo che abbia concepito un piano vasto e fecondo di studî sotto questo punto di vista. Sono più di trent'anni ch'egli ha indicato e cominciato in persona all'Osservatorio di Bruxelles una serie di osservazioni dei *fenomeni periodici* che, segnatamente nel regno vegetale, fanno conoscere più chiaramente lo stato della temperatura.

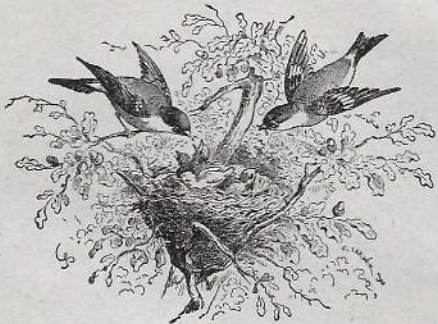



Fig. 121.

Mentre la terra percorre la sua orbita annua, alla superficie svolgesi una serie di fenomeni cui il periodico ritorno delle stagioni riconduce regolarmente nel medesimo ordine. Siffatti fenomeni, presi ad uno ad uno, hanno occupato gli osservatori di tutti i tempi, ma generalmente non si è pensato mai a studiarli nel loro insieme ed a cercare di trovare le leggi di dipendenza e di correlazione che esistono fra di essi. Le fasi dell'esistenza del più piccolo e vile insetto sono collegate alle fasi dell'esistenza della pianta che lo nutre; questa medesima pianta, nel suo successivo sviluppo, è in certo modo il prodotto

(1) Versione di Maffei

di tutte le anteriori modificazioni del suolo e dell'atmosfera. Sarebbe uno studio interessantissimo quello che abbracciasse ad un tempo tutti i fenomeni periodici, siano *diurni*, siano *annuali;* esso formerebbe da sè solo una scienza estesissima e grandemente istruttiva.

Linneo, il quale comprese pel primo tutto il vantaggio che si potrebbe trarre dalla meteorologia applicata al regno vegetale, aveva indicato quattro termini d'osservazioni: la fogliazione, la fioritura, la fruttificazione e la caduta delle foglie. Fra questi quattro dati, il più importante è la fioritura.

Si è specialmente per la simultaneità d'osservazioni fatte su gran numero di punti, che codeste indagini possono assumere un alto grado d'importanza. Una sola pianta studiata con cura ci presenterebbe già le più interessanti nozioni. Potrebbonsi tracciare alla superficie del globo linee sincroniche per la sua infogliazione, la sua fioritura, la sua fruttificazione, ecc. Il lillà, per esempio, fiorisce ne' dintorni di Parigi verso il 26 aprile: si può ideare alla superficie d'Europa una linea su cui la fioritura sia anticipata o ritardata di dieci, di venti o di trenta giorni. Queste linee saranno allora equidistanti? E avranno analogia colle linee relative all'infogliazione o ad altre fasi ben distinte nello sviluppo dell'individuo? Ben si comprende, per esempio, che mentre il lillà comincia a fiorire a Parigi, siavi ancora una serie di luoghi verso il nord dove di queste piante spuntano solo le foglie; ora, la linea che passa da questi luoghi ha rapporti colla linea isantesica che corrisponde alla stessa epoca? Si può inoltre domandare se i luoghi pei quali l'infogliazione accade nello stesso giorno avranno pure nello stesso giorno la fioritura e la fruttificazione; già vedesi, attenendosi anche ai più semplici dati, quanti curiosi riavvicinamenti possono essere dedotti da un sistema di osservazioni simultanee, stabilito su larga scala. I fenomeni relativi al regno animale, quelli particolarmente che concernono le emigrazioni degli uccelli viaggiatori, non porgerebbero risultati meno notevoli.

La meteorologia, malgrado de' suoi lavori perseveranti, non ha potuto finora riconoscere che lo stato medio dei diversi elementi scientifici relativi all'atmosfera, e i limiti ne' quali questi elementi possono variare in ragione dei climi e delle stagioni. Bisogna che essa stessa prosegua la propria via parallelamente collo studio che si tratta di fare e che, per dirigere i nostri giudizî sui risultati osservati, ci mostri ad ogni passo se le influenze atmosferiche sono nello stato normale, oppure se manifestano anomalie.

Qualsiasi essere organico, animale o pianta, ha bisogno essenzialmente dell'aria atmosferica, tanto per isvilupparsi, quanto per conservarsi la vita; il suo sviluppo, l'esercizio delle sue funzioni, delle sue abitudini, sono arrestati o modificati dalle modificazioni di questa

stess'aria atmosferica. Così osservasi che talune malattie epidemiche o endemiche regnano in certe stagioni, in certe anni; che la progenitura della lepre comune non si sviluppa sempre bene, che parecchî rosicchianti pullulano un anno in un luogo, mentre l'anno susseguente appena vi si riscontrano in numero normale; il cervo, il capriolo perdono le corna in un'epoca che non è invariabilmente la stessa ogni anno. Per citare altri esempî, pure facili ad intendersi, non vedesi la pernice grigia educare con risultati varî la numerosa famiglia; la rondine, il rondone, l'usignolo, arrivare nelle nostre regioni ed abbandonarle in un tempo più o meno remoto dell'anno; il bruco e lo scarafaggio spaventarci talvolta pel loro numero nelle piantagioni, ecc., ecc.?

Il grado di connessione esistente fra l'animale, la pianta e l'aria atmosferica deve essere notato; osservazioni coscienziose e continue debbono indicare l'influenza esercitata sugli esseri da parte del mezzo ambiente nel quale vivono.

Nel regno animale, l'epoca dell'accoppiamento, quella della nascita, quella della muta, quella delle emigrazioni, quella del letargo e del risveglio, quella dell'apparizione, la rarezza o l'abbondanza inusata di una specie, sono i punti che vogliousi osservare ed indicare con esattezza, congiuntamente alle osservazioni meteorologiche.

La zoologia e la botanica potrebbero essere le prime interrogate, affinchè ogni anno si potesse accertarsi fino a qual punto le variazioni nella costituzione meteorologica possano anticipare o ritardare la comparsa di certi animali o la fioritura e l'infogliazione delle piante.

Abbiamo veduto più sopra che nell'umanità stessa l'influenza delle stagioni si manifesta sulle nascite, sui matrimonî, sulle morti, sulle malattie, su tutto ciò che si riferisce al fisico dell'uomo, e financo sulle sue qualità morali ed intellettuali. Le alienazioni mentali, i delitti, i suicidî, i lavori, le relazioni commerciali, ecc., sono ben lungi dall'essere numericamente gli stessi nelle diverse stagioni dell'anno. Immenso e fertile campo di ricerche.

Tutti i meteoristi hanno compreso l'importanza di questo programma; e però gli stabilimenti di recente istituiti per lo studio completo dei movimenti dell'atmosfera hanno inscritto nel numero delle osservazioni permanenti da farsi, quella de' fenomeni periodici della vita vegetale e animale. Il nuovo Osservatorio meteorologico francese segna queste indicazioni; l'epoca dell'infogliazione e della fioritura delle principali piante coltivate è scritta d'ufficio su apposito bollettino settimanale. Questo ramo di osservazioni sarà senza dubbio tra i più utili nella cognizione dei rapporti fra l'atmosfera e la vita terrestre.

Tre epoche principali contraddistinguono nel nostro paese l'azione delle stagioni della vita pratica; questi tre grandi fatti della vita agricola sono: la segatura del fieno, la messe e la vendemmia; la segatura

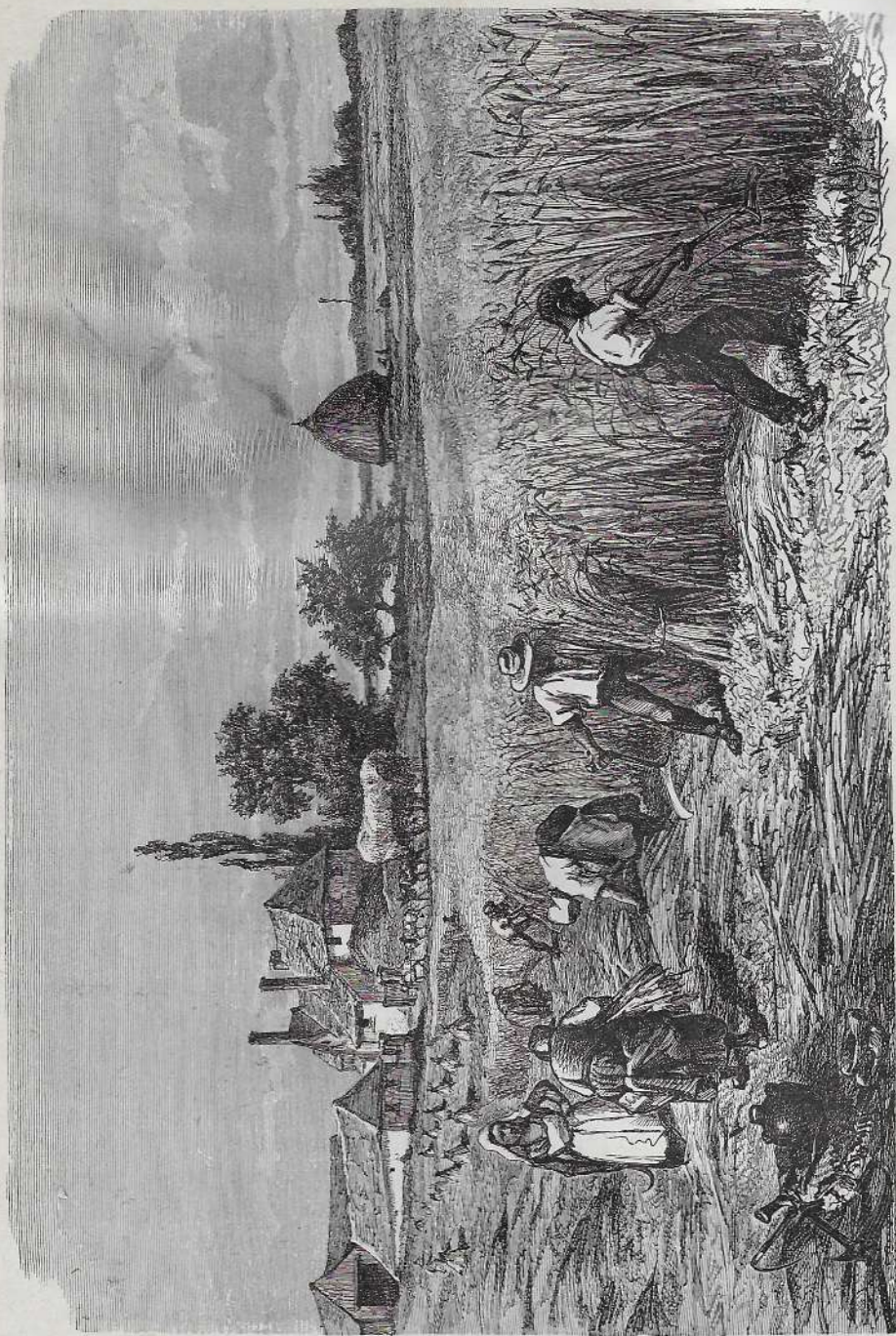



Fig. 122. — La messe.

de' prati, il raccolto del fieno, in giugno (un secondo in settembre): il raccolto della messe alla fine di luglio e la vendemmia in settembre e ottobre. Sono le feste di Flora, Cerere e Bacco.

La più importante è certamente quella di Cerere, « *sine Cerere et Baccho Venus friget* » diceva il buon senso pratico degli antichi. E però non è di lieve importanza per noi lo scrutare il mistero della generazione e della fruttificazione del granello di frumento affidato al materno seno della Terra, e che dà in estate i covoni a lungo attesi dall'agricoltura.

La messe (fig. 122) è l'epoca solenne dell'anno nelle nostre campagne; è su di essa, cioè su una debole spica, sovra una goccia di pioggia, sovra un raggio di sole che riposa tutta la speranza dell'agricoltore, che equilibrasi il lungo e penoso lavoro del contadino. E infatti, a malgrado del calore tropicale, della sete, della fatica, qual lavoro mai compiesi con più vivo ardore, con islancio più universale? Fino dall'aurora i gruppi di mietitori assaltano il fitto esercito della alte spiche, che già da un mese ondeggiavano come un campo di marezzo d'oro sotto il soffio del vento, e domani si troveranno stese sul suolo ove crebbero. Il Sole dissecca i gambi che tosto vedonsi di nuovo in piedi, ma riuniti in ricchi covoni. Da questi covoni cadrà il grano nell'urna del molino, e la farina ci darà il pane quotidiano, la base d'ogni alimento. E tutto il gran lavoro, dalla semente gettata in terra fino al pane del nostro desco, è il Sole che lo ha prodotto, poichè è desso che dà la temperatura necessaria alla germinazione, è desso che fabbrica la nebbia dell'autunno, la neve dell'inverno, la pioggia della primavera, è desso che fa alzare i cereali verso la luce, è desso che fa penetrare i raggi nella spica, fissandovi l'azoto e lo zucchero, è desso che fa muovere il molino, ed è pur esso che riscalda il forno del panattiere, poichè la legna che bruciamo non è altro che carbonio fissato nella quercia, nel faggio, nel carpino o nello stesso carbon fossile, dall'immenso ed instancabile Dio del giorno.

Il calore, l'agente sottile e misterioso, che si fa sentire tanto nella materia più densa, quanto nella più leggiera, ma la cui azione sui sensi è inesplicabile al pari di quella dell'elettricità o della commozione in noi prodotta da uno sguardo o da una parola, il calore opera tutte queste meraviglie, di cui l'uomo miete il frutto migliore al sole di Messidoro.

Ma le mietiture si eclissano anch'esse sotto l'allegria delle vendemmie. I grandi calori sono passati e i tramonti sono più belli. La brezza della sera rinfresca le colline, ed i profumi delle valli s'inalzano ed imbalsamano l'aria. Su questa costa, ove ebbe luogo la vendemmia, aspiransi a pieni polmoni tepidi effluvî d'ossigeno portati dai primi venti d'autunno; la sera scende silenziosa, ed il crepuscolare brulichìo degli insetti s'inalza dai prati che costeggiano il ruscello della valle, mentre più al basso già si accendono i lumicini della città, poichè

siamo in ottobre. È quella la tranquillità dopo il lavoro, la pace profonda dopo l'agitazione dei grandi giorni. La personalità della mente dedicata alle indagini del pensiero si riposa nella contemplazione della natura, o svanisce per un istante mischiandosi all'apparente sonnolenza delle famiglie patriarcali.

Tutti questi frutti debbonsi al Sole. Analizziamo per un momento la feconda opera sua.

Ognuno sa che le seminagioni si fanno in autunno pel frumento, e generalmente alla fine di ottobre quando la pioggia non ha impedito di lavorare la terra. Il grano affidato al suolo germoglia in capo a pochi giorni, e fin dal novembre i solchi sono coperti degli steli verdeggianti del frumento. Giunge l'inverno, ed il grano resiste perfino ad un freddo di 12, 15 e 20 gradi quando il campo è coperto di neve; senza tale riparo, freddi minori gelano la corona delle radici e gli steli, così che anche allorquando la semente è fitta, i grani sono diradati e il raccolto è ridotto alla terza parte. Ond'è che la resistenza ad un rigido verno è una decisiva prova quando si tratta d'introdurre in un paese una nuova varietà di grano.

Per accrescere e fruttificare in primavera, qualsiasi pianta richiede una certa somma di calore e d'umidità: essa deve assorbire tanti millimetri cubi d'acqua e tanti gradi di calorico: egli è perciò che quando si conosce da un lato il tempo scorso dalla nascita alla maturanza, dall'altro la temperatura media durata tra queste due epoche, trovasi, confrontando la stessa pianta situata in climi diversi, che il numero dei giorni compresi tra il principio e la fine della vegetazione è di tanto maggiore quanto questa temperatura è stata meno elevata; in guisa che, moltiplicando i giorni per la temperatura, si ottengono numeri presso a poco uguali.

Pel grano, la durata della coltivazione è di 160 giorni alla latitudine di Parigi, la temperatura media è di 13°,4 durante tal periodo, e il prodotto dei giorni per la temperatura è 2144 gradi.

A Turmero (America) la durata è di 92 giorni soltanto, la temperatura media è di 24 gradi, il che dà 2200 gradi. A Zimijaca (id. - Boussingault) la durata è di 147 giorni e la temperatura media è di 14°,7, il che dà 2160 gradi. Vedesi che, per maturare, occorrono al grano più di 2000 gradi.

Meno ne richiede l'orzo. Le tre serie di cifre precedenti sono per

	Giorni	Temp. med.	Totale
La Baviera	100	17°,2	1730°
Alsazia	92	19 1	1757
Alais	137	13 1	1794
Bogota (America) . .	122	14 7	1793
Cumbal	168	10 7	1797

Occorrono dunque all'orzo, per giungere a piena maturanza, dai 1750 ai 1800 gradi.

Il mais, o grano di Turchia, è più esigente del frumento: esso vuole da 2600 a 2900 gradi.

I pomi di terra ne richiedono di più: da 2800 a 3000. Si piantano a 10 o 12 gradi e non si raccolgono se non dopo i gran calori di luglio e d'agosto.

Voglionsi per la vite 2900 gradi, incominciando da 10 come limite inferiore.

Il dattero, per maturare i suoi frutti ha bisogno di un calore totale di 5000 gradi.

Tutti i vegetali, anche quando vi possono vivere, non fruttificano sotto un clima costante, e richiedono un calore superiore a quello nel quale funzionano, assimilandosi i principî sparsi nel suolo e nell'atmosfera. Sono realmente le condizioni meteorologiche indispensabili alla riproduzione che caratterizzano il clima confacente ad una pianta. La vite, per esempio, vegeta con vigore là dove l'uva non matura; per trarne un vino bevibile, non solo ci vogliono quasi 3000 gradi di calore, ma richiedesi altresì che il periodo di formazione dei grani sia seguito da 30 o 40 giorni di una temperatura media non inferiore a 19 gradi.

I raccolti non devono farsi ad eguale maturanza per le diverse specie di coltivazione. Per esempio, ho notato che mietesi generalmente il frumento troppo tardi e cogliesi l'uva troppo presto (parlo dei dipartimenti dell'est della Francia). Ne risulta che una riguardevole quantità di grani di frumento si perde perchè si sgrana, e che il vino è spesse volte troppo acerbo. Le spiche continuano a maturare per più giorni dopo la mietitura, per cui non si correrebbe rischio di sorta mietendo otto giorni prima della maturanza (a meno che ciò non si faccia per avere la semente). Il vino si fa subito dopo la vendemmia, e non vi sarebbe pericolo veruno ritardando invece fino all'avvicinarsi del gelo, della neve o del cattivo tempo. Io ho particolarmente in vista qui il settentrione della Borgogna ed il dipartimento dell'Alta-Marna, il cui isotermo estivo è di 19 gradi, mentre l'isotermo annuale è di 11°.

Studiando la distribuzione delle varie culture nei piani e sui versanti delle montagne, non tardasi a riconoscere che i loro confini geografici non sono esclusivamente regolati dalle medie temperature annuali. Così perchè la vite produca il vino bevibile, non basta che il calore medio dell'anno superi 9° $^1/_2$; bisogna altresì che una temperatura d'inverno superiore a 0°,5 sia seguita da una temperatura media di 18° almeno durante l'estate. Nella valle della Garonna, a Bordeaux (lat. 44°,50) le temperature medie dell'anno, dell'inverno, dell'estate e dell'autunno, sono rispettivamente: 13°,8; 6°,2; 21°,7; 14°,4. Nelle pianure del lito-

rale del mar Baltico (lat. 52° $^1/_2$, dove il vino non può più bersi (e tuttavia vien consumato) questi numeri sono: 8°,6; — 0°,7; 17°,6; 8°,5. La differenza dev'essere ancor maggiore tra due climi, uno dei quali sia eminentemente favorevole alla coltura, mentre l'altro raggiunga il limite in cui questa coltura cessa di essere produttiva; poichè un termometro posto all'ombra, riparato completamente o quasi contro gli effetti dell'insolazione diretta e dell'irradiamento notturno, non saprebbe indicare la temperatura del suolo liberamente esposto a tutte codeste influenze, nè le variazioni periodiche cui va soggetta questa temperatura da una stagione all'altra.

Non è soltanto il calore che agisce sui vegetabili, ma eziandio la *luce* direttamente ricevuta dal Sole. « Se la vite, per dare un vino bevibile, dice Humboldt, fugge le isole e quasi tutte le coste, perfino le coste occidentali, non è solo a motivo della bassa temperatura che regna in estate sul litorale; la ragione di tali fenomeni è altrove che nelle indicazioni fornite dai nostri termometri quando sono sospesi all'ombra. Bisogna cercarla nell'influenza della luce diretta di cui non si è tenuto verun conto fin qui, benchè essa manifestasi in un grandissimo numero di fenomeni. Havvi, in proposito a ciò, un capitale divario fra la luce diffusa e la luce diretta, fra la luce che ha attraversato un cielo sereno e quella che è stata indebolita e dispersa in ogni senso da un cielo nebuloso. » (*Cosmos I*, pag. 338.)

Vedremo un po' più lungi, al capitolo VII, in qual modo l'influenza solare sia distribuita sulla superficie della terra; in qual modo le linee di temperature eguali non seguano regolarmente i cerchî di latitudine; in qual modo, a pari distanza dall'equatore, alcuni paesi siano più privilegiati di altri dal punto di vista dei climi e delle produzioni del suolo. Al capitolo VIII vedremo la conseguenza dei climi sulla geografia botanica e la variazione delle specie vegetali naturali, degli alberi e delle essenze, giusta il decremento della temperatura, sia che si vada dall'equatore ai poli, sia che si salga dal piede di un'alta montagna fino alla sua vetta.

Ora, poichè entriamo in relazione colle colture di cui l'uomo ha saputo farsi la base del proprio nutrimento mercè il calore solare, vediamo sommariamente come questo calore ha disegnato le specie coltivate alla superficie del globo.

In Europa, la coltura dei cereali non ascende più in su del 70mo grado nella penisola Scandinava, ed anzi è il solo punto del globo in cui si incontrano a questo grado; altrove la coltivazione è ben lungi dall'inalzarsi fino a tanto.

Nell'Asia settentrionale, essi decrescono andando dall'ovest all'est; mentre dalla parte occidentale si ritrovano a 60°, nella parte orientale non si elevano a più di 51°.

Nell'America del Nord, si coltivano nell'ovest fino al 51mo grado, e sulle coste orientali poco più oltre il 51mo grado.

Non è a credersi però che tutti i cereali crescano in latitudini sì alte; la sola specie di graminaceo alimentare che riesca in quei climi agghiacciati è l'*orzo,* il quale serve di nutrimento all'uomo in tutte le regioni settentrionali.

L'*avena,* che entra pure come parte importante nell' umana alimentazione, non riesce in sì alte latitudini; per trovare la coltura sparsa regolarmente, bisogna scendere parecchî gradi; e nelle località ove questo cereale perviene a maturanza, trovasi già la *segale* che va fino alle rive del Baltico e surroga vantaggiosamente gli altri due, i quali più non si coltivano che per nutrimento degli animali e per la fabbricazione della birra.

L' importante coltura del *frumento,* comune nel Nord della Germania, ove lo si coltiva assieme alla segale, finisce col diventare coltura dominante. Essa parte dal sud della Scozia, attraversa la Francia, la Germania, la Crimea, il Caucaso, e si estende fino nell'Asia, senza perciò che si trascurino i tre altri cereali; ma questi non vi sono più sì di frequente adoperati pei bisogni dell' uomo.

Gli Europei hanno importato il frumento negli Stati Uniti, al Brasile, alla Plata, al Chilì, nella nuova Galles del Sud ed in Australia. Come altitudine il frumento ivi si coltiva fino a 3300 metri; il mais solo a 2400.

La *segale* diventa la coltura delle regioni più fredde delle montagne, e scendendo verso il sud, l'*avena* scompare interamente per far posto all'*orzo* che è dato agli animali. Mano mano che si scende verso il mezzogiorno, il *riso* ed il *mais* surrogano altri cereali, come si vede nella Francia meridionale, in Italia, in Ispagna, e diventano di coltura quasi esclusiva fino al nord dell' India, ove sono preferiti al *frumento*, attraversando tutti i paesi intermedî come una vasta zona. In Africa, diverse specie di *sorgho* sono coltivate come cereali di uso abituale. All'estremità orientale dell'Asia, il *riso* surroga tutti i cereali, ciò che avviene pure nelle parti meridionali dell'America del Nord. Vi si trova però anche il *mais*, la cui coltura è anche più sparsa che da noi. Nell'America del Sud domina il *mais*.

La *vite*, che si può mettere nel numero dei vegetali più utili all'uomo, così come soggetto di commercio e di scambio, che come bevanda riparatrice, è distribuita capricciosamente; essa stendesi sopra una lunga zona di circa 22 gradi di latitudine. Il suo confine al nord, in Francia ha l'Oceano a Vannes, passa fra Nantes e Rannes, fra Angers e Leval, fra Tours e il Mans, risale a Chartres, per passare sopra Parigi, poi, sotto Laon e sotto Mézières, giunge al Reno alla foce della Mosella.

I paesi al nord di questa linea non sono atti a produr vino. I raggi del sole soffermatisi nell'uva sono recati sulle nostre tavole nei deliziosissimi vini di Francia, e son essi che danno al carattere francese l'ardore e la giovialità. Inutilmente il prussiano oppone loro il suo luppolo e la sua birra; e' non cesserà di esser pesante e barbaro, come lo eravamo noi un tempo, noi vecchî Franchi, quando abitavamo la riva destra del Reno prima di fare la conquista delle Gallie, dopo Clodoveo sempre disputataci dalla Germania.

Ultima osservazione sulla scala delle temperature applicate ai vegetali:

La vita delle piante offre come estremi di temperatura la *tremella reticula*, che prospera nell'acqua termale di Dax a 40°, ed il larice che affronta in Siberia un freddo di 40°. Le sementi mature non soffrono al freddo. Esposte a 100 gradi sotto lo zero, non perdono la loro facoltà germinativa. Se ne conchiude quindi che se per una causa qualunque la superficie della terra si raffreddasse a 100 gradi, la vita animale sarebbe annientata, mentre la vita vegetale rinascerebbe se la temperatura attuale in seguito ritornasse.

Nel precedente capitolo abbiamo veduto che ogni mese ha una temperatura media propria; ma se gli anni si seguono, come i giorni, però non si somigliano. Lo studio completo degli effetti della temperatura è di un'eccessiva complicazione. Gli anni più caldi non sono quelli in cui il massimo della temperatura è stato più alto in un dato giorno, nè gli anni più freddi sono quelli in cui il minimo è stato più basso in un dato giorno. Se prendiamo i mesi, troviamo parimenti certi mesi d'una temperatura massima o minima molto superiore o molto inferiore alla media, senza che perciò l'anno sia più caldo o più freddo. La vegetazione vegetale offre le medesime differenze, poichè ogni specie vegetale ha la sua epoca di sensitiva critica; una serie di giorni caldissimi potrà, per esempio, fruttare per le viti i requisiti d'un vino eccellente, se questi giorni cadono in buon momento; in tal altro tempo della stagione gli stessi calori non avranno sì utile influenza. Sono questi fatti constatati da chiunque faccia vita in campagna, ma che pure per la meteorologia formano soggetto di studî assai complessi.

Ora che conosciamo esattamente la teoria astronomica delle stagioni e del loro valore meteorologico e vitale, per dir così, sarebbe utile di compiere questo capitolo speciale sull'estate colla lista delle *estati più calde*, allo scopo di apprezzare fino a qual grado il calore può elevarsi in stagioni eccezionali. Ed è quanto stiamo per fare.

Arago e Barral hanno radunato su tale proposito importanti documenti che ci permettono di darne un sunto istruttivo. Ecco quali sono le estati di questo secolo che sono registrate pel loro inusato calore.

in Francia ed in Europa: si possono facilmente osservare in tale rivista retrospettiva le particolarità diverse di temperatura di cui abbiamo parlato dianzi.

L'estate del primo anno di questo secolo, 1800, ossia, per parlare esattamente secondo la cronologia, dell'ultimo anno del diciottesimo secolo, è stato notevole per la sua alta temperatura, e noi apriremmo con essa la nostra serie, se, alcuni anni prima, l'Europa non fosse stata sotto l'influenza di un calore eccezionale in una data che resterà celebre: 1793.

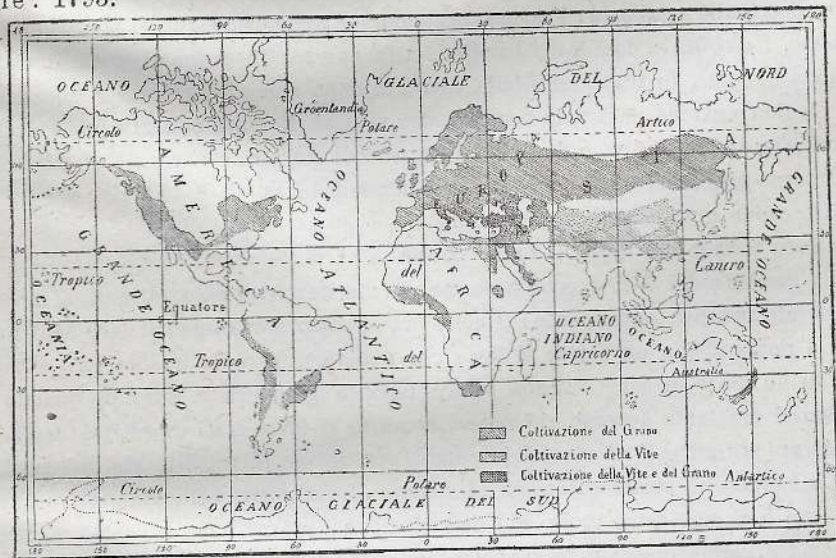



Fig. 123. — Coltivazione del frumento e della vite, o il pane ed il vin sul globo.

Quest'estate è memorabile per calori straordinari restati senza esempio fino dal secolo passato; essi verificaronsi in luglio ed in agosto. Secondo Cassini IV, allora direttore dell'Osservatorio, contasi per Parigi:

Calore forte (da 20° a 31° incl.) all'ombra		36 giorni
» fortissimo (32° a 34° incl.)	»	9 »
» straordinario (35° e oltre)	»	6 »

Le temperature più alte sono così distribuite:

Valenza, l'11 luglio	40°,0
Parigi, l'8 »	38 4
» il 16 »	37 3
Chartres, l'8 »	38 0
» il 16 »	38 1
Verona, in luglio ed agosto	35 6
Montmorency, l'8 luglio	33 8
Londra, il 16 »	31 7

Pare che il termometro di Messier, al quale devonsi le temperature precedenti, non sia stato riparato contro l'irradiamento solare, e le sue indicazioni sono troppo elevate. Esposte al sole, il termometro segnò fino a 63 gradi (l'8 luglio).

I grandi calori cominciarono a farsi sentire a Parigi il 1° luglio, ed aumentarono rapidamente. Il cielo fu, nella durata, costantemente bello, chiaro e senza nubi; il vento non lasciò il nord; di solito era calmo, ed il barometro si mantenne a grande altezza. I giorni più caldi sono stati il giorno 8 ed il 16 luglio. Il 9 uno spaventoso temporale devastò Selins ed i dintorni. Una gragnuola grossa come uova distrusse la messe; un vento furioso rovesciò più di centoventi case. Un diluvio tenne dietro alla tempesta; l'acque, agglomerate nelle campagne, si portaron via il bestiame, i mobili, le donne e i bambini. A Bougueval (Oise) una disgraziata madre, stremata di forze, fu trascinata dalla corrente dopo che ebbe salvato i suoi nove figli. La Convenzione nazionale accordò alle vittime di tanta calamità un soccorso provvisorio di 30 000 lire, e decretò che 6 milioni fossero consegnati al ministero dell'Interno per soccorrere i possessori di terreni devastati. Il 10 luglio, per colmo di mali, cadde nuovamente la gragnuola.

Il calore torrido del mese di luglio continuò parte del mese di agosto.

Nella giornata del 7 di questo mese, esso fu meritevole di osservazione; si mostrò in generale pesante, opprimente; il cielo era rimasto purissimo; si fece sentire il vento a nord-est con un calore sì forte che pareva uscisse da un braciere o dalla bocca di un forno di calce. Tanto calore insolito giungeva a soffi, a quando a quando, ed era tanto cocente all'ombra, come se si fosse stati esposti ai raggi di un sole ardentissimo. Provavasi tale penosa sensazione in tutte le vie di Parigi, e gli effetti erano gli stessi all'aperta campagna. Il soffocante calore impediva la respirazione e ci sentivamo molto più disturbati quel giorno con un caldo a 33°,3, che non l'8 luglio, in cui il termometro era salito a 38°,4.

La siccità fu al colmo. Il livello della Senna scese alla magra del 1719 alla fine di agosto ed alla metà di settembre. A Parigi, in tutto l'anno, non caddero che 331 millimetri d'acqua. Nella campagna, i castani, i meli, i noci, i ciriegi, i nocciuoli, il caprifoglio, la vite, il ribes ebbero le foglie arse; i frutti, e tra questi le mele, mostravano i segni della caldura. La rarezza dei legumi si fece molto sentire, ed il poco rimasto salì a prezzi favolosi. I terreni disseccati, induriti, screpolati, più non potevano essere smossi nè dall'aratro, nè dalla zappa. Nel giardino del Lussemburgo, ad un metro di profondità, il suolo non presentò la menoma apparenza di freschezza.

Alcuni terrajuoli, incaricati di scavare un pozzo in luogo interamente esposto al sole, trovarono la terra arsiccia a metri 1,60 di profondità. Il primo settembre gli alberi del Palazzo reale erano quasi tutti spogliati delle loro foglie; 150 fra essi erano interamente nudi. La siccità e il calore avevano fatto screpolare la scorza e i rami sembravano morti; la maggior parte morirono.

In Borgogna le vendemmie incominciarono il 23 settembre. Il vino fu abbondante, ma di qualità mediocre. Erano cadute in queste regioni fredde pioggie che ne avevano alterata la qualità. L'estate fu asciutta e calda nel paese tolosano; il raccolto

del mais fu completamente nullo. Il lettore si ricorda che per la Francia il 1793 fu anno di gran carestia.

1800. — L'estate fu contrassegnata da vivissimi calori che si estesero sopra una parte d'Europa. Dal 6 luglio al 21 agosto, il termometro non discese a Parigi che 5 volte al disotto di 23°,4, e si ebbe, come risulta dai quadri di Bouvard:

Calore forte	25 giorni
» fortissimo	5 »
» straordinario	2 »

Il calore diretto del sole fece ascendere il termometro, secondo Cotte, a Montmorency, il 18 agosto, alle 3 pom., a 51°,5. Le più elevate temperature di quell'estate si sono distribuite come segue:

Bordeaux, il 6 agosto	38°,8
Nantes, il 18 agosto	38 8
Montmorency, il 18 agosto	37 9
Limoges	37 5
Parigi, il 18 agosto	35 5
Londra, il 2 agosto	31 1

Varî incendî svilupparonsi in proporzione enorme dopo il principio di aprile. Un intiero villaggio nel dipartimento dell'Eure, la foresta di Hagueneau, parte della Selva Nera divennero preda delle fiamme. Miriadi di locuste piombarono sui cantoni vicini a Strasburgo. Nella notte del 20 luglio il fulmine cadde sull'antico convento degli Agostiniani a Parigi e vi appiccò il fuoco. Sul mezzogiorno constataronsi molti casi di rabbia.

1811. — L'estate del 1811, sotto varî rapporti, fu delle più memorabili che sianvi mai state nel nord dell'Europa.

Ecco il quadro delle temperature massime:

Ausburgo (Augusta), il 30 luglio	37°,5
Vienna d'Austria, il 6 luglio	35 7
Avignone, il 27 luglio	35 0
Amburgo, il 19 luglio	34 8
Napoli, il 20 luglio	34 6
Copenaghen, in luglio	33 8
Liegi	33 7
Strasburgo	33 0
Pietroburgo, il 27 giugno	31 1
Parigi, il 19 luglio	31 0

In Borgogna la vendemmia ebbe principio il 14 settembre. Un gelo, sopraggiunto l'11 aprile, aveva compromesso i due terzi del raccolto; ma l'estate mostrossi tanto

favorevole alla vite, che le uve rimisero, e si ebbe un piccolo raccolto di qualità squisitissima, che rimase celebre a lungo, sotto il nome di vino della *Cometa*.

1822. — L'estate del 1822 fu notevole in tutta la Francia per l'elevazione della temperatura media, superiore alla media generale al settentrione, al centro ed al mezzogiorno.

Per Parigi, si contano:

Calore forte	55 giorni
» fortissimo	3 »

I massimi di temperatura si sono così distribuiti:

Malines, in luglio	38°,8
Joyeuse, il 23 giugno	37 3
Alais, il 14 ed il 23	36 5
Liegi	35 0
Maëstrich, l'11 giugno	34 8
Parigi, il 10 giugno	33 8

La siccità fu grandissima in Francia, durante la stagione calda: dal 21 agosto fino al 26 settembre, la Senna restò quasi costantemente al disotto dello zero del ponte della Tornelle. Nelle campagne del mezzogiorno l'acqua per abbeverare il bestiame scarseggiava sino dal mese di marzo, e bisognava andarla a prendere a considerevoli distanze a dorso di muli. In primavera si provò in quelle contrade una temperatura pari a quella del mese di agosto. La messe era quasi terminata nella Linguadoca prima del 23 giugno: diede pochi covoni, ma un grano molto fitto. In Borgogna, l'anno si segnalò per la bellezza inusata del cielo. Cominciossi la vendemmia il 2 *settembre;* ma, al dire dei vignajuoli, si sarebbe potuto vendemmiare fino dal 15 agosto, e nei dintorni di Vesoul (Alta-Saône) si vendemmia il 19 *agosto!* Il raccolto del vino fu piuttosto abbondante e di qualità eccellente; quello dei cereali fu in generale meno abbondante che negli anni precedenti.

1826. — Estate caldissima e molto asciutta, 26 giorni di calore forte a Parigi, 7 di calore fortissimo, 2 di straordinario. Media dell'estate, elevatissima: 20°,7. Distruzione dei raccolti ed incendî delle foreste in Isvezia e in Danimarca. Più elevate temperature constatate:

Maëstrich, il 2 agosto	38°,8
Épinal, il 1° luglio	36 5
Parigi, il 1° agosto	36 1
Metz, il 3	36 1
Strasburgo	34 2

1834. — Tale anno, senza essere notevole per vivi calori, distinguesi per una temperatura media, primaverile ed estiva, elevatissima in tutta la Francia. La ve-

getazione si mostrò precoce, e, in diversi luoghi caddero pioggie la cui distribuzione fu favorevolissima alle coltivazioni. Contansi a Parigi:

Calore forte	43 giorni
» fortissimo	3 »

La media dell'estate, 20°, 45, è la più alta di questo secolo dopo il 1823, il 1842 ed il 1846. La siccità fu grandissima in agosto, e la Senna discese, il 16 di detto mese, a 0m,03 al disotto della magra del 1719. Le massime del 1834 si sono così ripartite:

Avignone, il 14 luglio	35°,5
Genova, il 18 luglio	34 5
Liegi	33 5
Metz, il 12 luglio	33 0
Strasburgo	32 8
Parigi, il 12 e il 18 luglio	32 6

Nel mezzogiorno, la temperatura, moderata da pioggie abbondanti, fu dolcissima. La Borgogna, in tale anno, fu celebre per la qualità squisita del suo vino. Si cominciò a vendemmiare il 15 settembre. Quel prezioso raccolto tuttavia fu mediocre per la quantità. Lo stesso accadde nel Bordolese. In quasi tutta la Francia la messe fu bella.

1836. — L'estate è memorabile per la costituzione tempestosa del mese di giugno e del principio del luglio, e pel numero di casi funesti prodotti dal calore nel mezzodì della Francia. In Danimarca, in Russia, in Ispagna furono egualmente notati strani effetti causati dalla temperatura.

La siccità era intensa nel mese di agosto; la Senna discese a 0m,30 sotto la magra del 1719. Nel Mezzogiorno si ottenne un mediocre raccolto di vino di qualità abbastanza buona. Le vendemmie non incominciarono in Borgogna che il 6 ottobre. La messe di cereali fu cattiva.

1842. — L'estate di codesto anno è stato il più caldo della prima parte del nostro secolo, specialmente sotto i climi di Parigi e del Nord. Fu anche asciuttissimo, poichè all'Osservatorio non caddero che 65 millimetri d'acqua, cioè 107 meno che nell'estate medio, e la Senna discese al disotto dello zero del ponte della Tournelle parecchi giorni in luglio, agosto, settembre ed ottobre.

Contansi per Parigi:

Calore forte	51 giorni
» fortissimo	11 »
» straordinario	4 »

La temperatura media nella stagione fu, a Parigi, di 20°,75, cioè di 2°,45 superiore alla media. La temperatura di giugno fu superiore di 3° alla media, quella d'agosto di 4°.

Ecco il quadro delle più alte temperature registrate

Parigi, il 18 agosto	37°,2
Agen, il 4 luglio	37 0
Bordeaux, il 16 luglio	34 8
Tolosa, il 17 luglio	34 4

Diversi accidenti, prodotti dal calore, furono notati. Il fuoco appiccossi alle ruote di parecchie valigie postali. A Badajoz, in Ispagna, tre contadini soccombettero il 28 giugno; una signora morì soffocata in una diligenza. A Cordova, parecchi mietitori perirono asfissiati, e alcuni casi di pazzia vennero attribuiti alla medesima causa.

In Borgogna, la vendemmia incominciò il 21 settembre; il raccolto del vino fu abbondante e di prima qualità; ma, più all'est, nel Doubs, per esempio, la quantità fu mediocre. Nel Bordolese la qualità fu scadente. Il raccolto dei cereali fu mediocre del pari.

1846. — La temperatura di tale estate fu notevolissima, e provaronsi calori intensi in Francia, nel Belgio, in Inghilterra. Per Parigi contansi:

Calore forte	48 giorni
» fortissimo	9 »
» straordinario	2 »

La media temperatura estiva fu di 20°,63, ossia di 2°,33 superiore alla media generale; la media di Bruxelles fu ancora più elevata, giusta le osservazioni del signor Quételet ed inalzossi a 21°,1.

I massimi di tale anno si presentano nel seguente ordine:

Tolosa, il 7 luglio	40°,0
Quimper, il 19 giugno	38 0
Rouen, il 5 luglio	36 8
Parigi, il 5 luglio	36 5
Orange, il 13 luglio	36 5
Angers, il 29 luglio	35 0
Metz, il 1° agosto	34 8

Sono stati notati varî casi strani in Bretagna. Alla fiera del Pont-de-Croix, parecchie persone ebbero sincopi cagionate dal caldo; a Beuzec, una fanciulletta lasciata imprudentemente esposta al sole, morì in pochi minuti. La temperatura del giugno fu ugualmente eccessiva a Tolosa, Tolone e Bordeaux. Nelle Lande si ottenne un secondo raccolto di segale. Nei dintorni di Niort, al principio di luglio, tre contadini spirarono sul loro solco.

Le vendemmie ebbero principio in Borgogna il 13 settembre; non si ottenne che un mezzo raccolto, ma di qualità superlativa. La raccolta dei cereali fu pure mediocre.

1849. — Provaronsi calori fortissimi nel mezzogiorno, e il massimo di Orange è la temperatura all'ombra più alta che sia stata per anco registrata in Francia.

Ecco il quadro delle più alte temperature:

Orange, il 9 luglio	41°,0
Tolosa, il 23 giugno	37 6
Bordeaux, il 7 luglio	34 1
Gand	34 4
Metz, l'8 luglio	33 6

1852. — L'estate fu notevole in Russia, in Inghilterra, in Olanda, nel Belgio, i Francia. Contasi per Parigi:

Calore forte	30 giorni
» fortissimo	6 »
» straordinario	1 »

La media estiva fu, a Parigi, di 19°,33, ossia di un grado più alto della media generale. La media di luglio fu di 22°,5 cioè di tre gradi più forte della media di questo mese; provossi un'insolita successione di vivi calori; il 9 luglio, 31°,1; il 10, 33°,5; l'11, 31°,0; il 12, 32°,5; il 13, 33°,8; il 14, 34°,2; il 15, 34°,2; il 16, 35°,1.

Le più alte temperature in Europa si sono così distribuite:

Costantinopoli, il 27 luglio	38°,5
Rouen, il 5 luglio	36 1
Versailles, il 16 luglio	35 7
Orange, il 25 agosto	35 3
Dunkerque, il 7 luglio	35 7
Parigi, il 16 luglio	35 1
Verviers, il 18 luglio	35 1
Londra, il 13 luglio	35 0

Ai 12 luglio, ad Amsterdam, un termometro esposto al riverbero salì a 39°,0. Ad Alphen, presso Leida, due contadini, asfissiati dal calore, furono trovati morti in un campo; ad Alkenaer, un fochista di macchine a vapore fu colpito da alienazione mentale dopo una congestione prodotta dal solatìo. Nel centro della Francia, il termometro stette più di dieci giorni sopra il 30°. Molti animali domestici soccombettero. A Madrid il caldo eccessivo fu assai pernicioso. A Thouroutte, nel Belgio, l'11 agosto vidensi cadere una disastrosa grandine. Molti granelli pesavano 75 grammi, ed avevano da 7 ad 8 centimetri di diametro.

In Francia la messe fu raccolta generalmente un po' dopo la metà di luglio e fu soddisfacente per la quantità. In quella vece la vendemmia cominciò solo ai primi d'ottobre; il raccolto del vino si mostrò debole in molti vigneti e di cattiva qualità.

1857. — L'estate fu più calda della media in Francia, ed offrì quasi ovunque calori intensi in luglio ed agosto. Secondo le note dell'Osservatorio di Parigi, la media estiva fu di 19°,38.

Ecco le più alte temperature osservate:

Montpellier, il 29 luglio	33°,6
Orange, il 18 luglio	38 3
Les Mesneux, il 4 agosto	37 0
Tolosa, il 27 luglio	36 0
Clermont, il 14 e 15 luglio e il 3 agosto	36 8
Blois, in agosto	36 5
Parigi, il 4 agosto	36 2
Metz	36 6

Vi sono tre correnti distinte di calori estivi. La prima passa il 28 giugno sulle stazioni più alte e più meridionali della Francia, e perviene, il 28, alla nostra frontiera settentrionale; la seconda percorre il nord-ovest dal 14 al 16 luglio, la terza, e la più intensa, con un cammino lento e successivo estendesi dal mezzodì al nord, nell'intervallo compreso tra il 27 luglio ed il 4 agosto.

Quest'estate fu straordinaria per siccità nella maggior parte della Francia; per buona ventura, alla metà d'agosto, su molti punti cadde una pioggierella benefica. La Senna, a Parigi, si mantenne sotto lo zero della scala idrometrica del ponte della Tournelle, per diversi giorni, in luglio, agosto e settembre. In Borgogna si è cominciato a vendemmiare il 16 settembre, e il raccolto fu discreto per quantità e qualità. In complesso i cereali hanno dato una buona media.

1858. — Quest'estate è notevole per grande siccità e caldure prolungate, meglio che forti, nell'Inghilterra, nel Belgio, nel centro della Francia, in parte del Mezzogiorno e dell'Algeria. Nel Nord è stata meno calda di quella del 1857, e più calda al Mezzogiorno.

I calori più notevoli si sono verificati, in Francia, dal 13 al 20 giugno; si sono fatti sentire il 13 sui luoghi più alti, hanno raggiunto il massimo il 15 in moltissimi punti, da Lilla fino a Bordeaux, e dal 19 al 20 hanno acquistato estrema intensità nei dintorni di Montpellier. Dal 14 al 16 luglio e dal 12 al 18 agosto si produssero ancora massimi elevati, quantunque meno forti di quelli di giugno, ad eccezione del Varo, di Valchiusa e dell'Alta Garonna, che hanno avuta la loro più alta temperatura in luglio. Ecco il quadro della ripartizione degli estremi massimi:

Montpellier, il 20 giugno	38°,0
Orange, il 19 luglio	38 3
Vendôme, il 15 giugno	36 1
Tours, giugno	36 0
Lilla, il 15 giugno	35 5
Londra, il 15 giugno	34 9
Parigi, il 3 giugno	32 0

La siccità, disastrosa pel bestiame, è stata grandissima in quasi tutta la Francia durante la primavera e la metà dell'estate; nel mese di giugno il cielo è stato d'inusata purezza; ma lievi pioggie in luglio e numerosi temporali in agosto hanno attenuato in parte, nel settentrione, l'aridità de' prati cagionata dalla mancanza

d'acqua, conseguenza dell'anno precedente. La messe, terminata il 1.° luglio in gran parte del Mezzogiorno, ed il 1.° agosto nel Settentrione, ha fornito un raccolto medio per la quantità, bello per la qualità. Le vendemmie, cominciate in Borgogna il 18 settembre, hanno dato un soddisfacente risultato tanto per la quantità quanto per la qualità.

Tra gli ultimi anni dobbiamo citare le estati del 1865 e 1868 perchè contraddistinte da una lunga serie di giornate calde. Le condizioni della prima specialmente, come ognuno sa, sono state favorevoli assai alla vite.

1865. — Le temperature medie mensuali, registrate all' Osservatorio di Parigi, sono state le seguenti:

Gennajo	3°,56	Luglio	19°,85
Febbrajo	2 30	Agosto	17 72
Marzo	2 21	Settembre	19 22
Aprile	15 80	Ottobre	12 19
Maggio	16 27	Novembre	7 97
Giugno	17 88	Dicembre	2 29

L'estremo caldo a Parigi è stato di 33°,3 il 6 luglio. La media di tre mesi d'estate è di 18°,5. Se aggiungesi il settembre, la media di quattro mesi è di 18°,6, durata rara. La media dell'anno è di 11°,44, e oltrepassa quindi la media comune di 0°,66.

Il mese di gennajo è stato relativamente caldo. In aprile, a cominciare dal giorno 4. il tempo è stato bello in un modo straordinario ed il termometro assai elevato, poichè, fino dall'8, la temperatura era quella di giugno. In maggio e in giugno il termometro s'è ancora mantenuto sotto la normale. Luglio ed agosto sono stati freddi. In settembre la temperatura si alza più su che in agosto. Ottobre e novembre sono caldi.

Le più alte temperature osservate in Francia sono:

Nimes, 5 luglio	37°,9
Nizza, il 10 luglio	35 3
Perpignano, il 4 luglio	35 2
Aix, il 28 agosto	34 7
Montpellier, il 26 luglio	34 0

1868. — Le temperature medie mensuali registrate all' Osservatorio di Parigi, sono state le seguenti:

Gennajo	0°,0	Luglio	21°,2
Febbrajo	5 4	Agosto	18 7
Marzo	7 9	Settembre	17 6
Aprile	10 5	Ottobre	10 5
Maggio	17 9	Novembre	4 9
Giugno	18 0	Dicembre	8 6

La temperatura massima, a Parigi, è stata di 34 gradi il 22 luglio, all'Osservatorio. La media dei tre mesi d'estate è di 19°,4. Quest'estate fa epoca negli annali della meteorologia per la sua altezza termometrica, ed il suo complesso di circostanze

favorevoli alle raccolte sotto il doppio rapporto della quantità e della qualità. La media delle temperature di maggio, giugno e luglio giunse ad una cifra straordinariamente elevata nel Mezzodì. Così, a Tours, la media di maggio è di 28°,4; quella di giugno, di 19°,8; quella di luglio, 21°,8.

Le più alte temperature osservate in Francia sono:

Nimes, il 20 luglio	41°,4
Perpignano, il 25 luglio	37 2
Draguignan, il 24 luglio	36 9
Montauban, il 20 luglio	36 7
Tolosa, il 19 luglio	35 0
Montpellier, il 20 luglio	34 6
Aix, il 20 luglio	34 0

Il termometro era salito più su nel 1859, senza dare tal media. Questa ha dipeso meno dall'altezza dei massimi diurni che da quella dei minimi notturni. Infatti, malfrado la serenità quasi costante delle notti, il raffreddamento cagionato dall'irradiazione notturna non è mai stato molto distinto. Quasi sempre, poco prima del levar del sole, una nebbia leggiera, indizio d'uno stato igrometrico assai elevato, veniva a coprire il suolo, ad umettare le piante ed a temperare gli effetti della viva insolazione dei giorni. Il vapore acquoso s'opponeva agli effetti dell'irradiamento notturno, sì energico anche nelle regioni tropicali, quando si esercita attraverso un'aria spoglia d'umidità.

Quest'estate rimarchevole ha influito sulla temperatura alla profondità di un metro. Durante le estati del 1864, 65, 66 e 67, il calore ad 1 metro era stato segnato da 14°,29, 14°,66, 14°,03 è 14°,17. Nel 1868 questo calore è stato di 15°,90. quasi 16°.

Sono queste le *estati memorabili* del secolo attuale.

Ecco ora le più alte temperature dell'aria (*all'ombra* ed al nord) osservate in Francia dal tempo che si constatano scientificamente col termometro. Ho notato tutte quelle che hanno raggiunto almeno il 37°, e non ho registrate che queste, fuorchè per Parigi ove sonvi diversi confronti. Le città sono qui inscritte andando da settentrione a mezzodì.

Luoghi.	Latitudine.	Longitudine.	Altezza sopra il livello del mare.	Data	Massimi estremi.
Saint-Omer	50°,45	0°, 5	23m	10 agosto 1777	37°,5
Cambrai	50 11	0 54	54	4 agosto 1783	37 5
Rouen	49 26	1 15	39	18 agosto 1800	38 0
Les Mesneux	49 13	1 37	85	4 agosto 1857	37 5
Metz	49 7	3 50	182	4 agosto 1781	38 1
Montmorency	49 0	0 2	143	18 agosto 1800	37 0
Parigi (Osservatorio)	48 50	0 0	65	26 agosto 1765	40 0
				14 agosto 1773	39 4
				19 agosto 1763	39 0
				5 e 6 agosto 1705	

Luoghi.	Longitudine.	Latitudine.	Altezza sopra il livello del mare.	Data	Massimi estremi.
Parigi (Osservatorio)	48°,50	0°, 0	65m	16 luglio 1782	38°,4
				8 luglio 1793	38 4
				10 luglio 1766	37 8
				18 agosto 1842	37 2
				31 luglio 1803	36 7
				5 luglio 1846	36 5
				19 luglio 1825	36 3
				4 agosto 1857	36 2
Hagueneau. . . .	48 48	5 25	134	16 luglio 1782	39 4
Nancy.	48 42	3 51	200	26 luglio 1782	37 6
Chartres.	48 27	0 51	158	16 luglio 1793	38 1
Quimper.	48 0	6 26	6	19 giugno 1846	38 0
Montargis	48 0	0 23	116	1777 e 1778	37 5
Angers	47 28	2 54	47	17 luglio 1784	38 0
Tours.	47 24	1 38	55	agosto 1840	38 0
Nantes	47 13	3 53	44	18 agosto 1800	38 8
Chinon	47 10	2 6	82	21 luglio 1783	38 1
Seurre (Costa d'Oro)	47 1	2 48	150	6 luglio 1783	39 0
Nozeroy	46 47	3 42	150	luglio 1797	37 5
Luçon	46 27	2 30	81	21 luglio 1777	38 8
La Rochelle . . .	46 9	3 30	25	4 e 5 luglio 1836	39 0
Saint-Jean d'Angély	45 57	2 25	24	luglio 1787	37 5
Limoges.	45 50	1 5	278	23, 24, 25 luglio 1800	37 5
Valence	44 56	2 33	128	11 luglio 1793	40 0
Bordeaux	45 50	2 55	18	6 agosto 1800	38 8
Joyeuse (Ardèche) .	44 32	2 0	148	23 giugno 1822	37 3
Agen	44 12	1 43	43	4 luglio 1842	37 0
Orange	44 8	2 28	46	9 luglio 1849	41 4
Avignone	43 57 N	2 28	36	14 agosto 1802 16 agosto 1803	38 1
Nîmes.	43 51	2 1	114	20 luglio 1862	41 4
Manosque	43 49	3 35	400	18 luglio 1782	38 8
Arles	43 41	2 18	17	20 agosto 1806	37 5
Tolosa	43 37	0 54	198	30 e 31 luglio 1753	47 7
				7 luglio 1846	40 0
Montpellier . . .	43 37	1 32	30	29 luglio 1857	38 6
Béziers	43 21	0 52	77	luglio 1847	37 0
Sorèze	43 19	0 13	500	12 luglio 1824	37 5
Pau	43 13	2 43	205	4 agosto 1838	38 8
Perpignan	41 42	0 34	42	29 luglio 1857	38 6

I maggiori calori che siansi provati all'ombra ed al nord si alzano a 41°,4 per la Francia (Orange, 9 luglio 1846, e Nîmes, 20 luglio 1868); a 35°,6 per le isole Britanniche; a 38°,8 per l'Olanda e pel Belgio; a 37°,5 per la Danimarca, la Svezia e la Norvegia; a 38°,8 per la Russia; a 39°,4 per la Germania; a 40°,6 per la Grecia a 40° per l'Italia; a 39° per la Spagna e il Portogallo. Quanto ai paesi che non appartengono all'Europa, le temperature più alte osservate sovra un termometro all'ombra, d'estate, sono state, secondo Arago:

A Tunisi, di	44°,7
A Manilla, di	55 3
Nella Nubia, di	46 2
Ad Ain-Dize (Egitto), di	46 7
Ad Esné (Africa), di	47 7
A Bagdad (Asia), di.	48 9
Presso Suez, spedizione francese d'Egitto, di .	25 5
Presso il porto Macquarie (Arcipelago), di . . .	53 9
Presso Syène (Africa), di	54 0
A Murzuk (Africa), di	56 2

Sono questi i massimi delle temperature dell'*aria*, presi quindi all'ombra. L'azione diretta del Sole è assai più considerevole. Per citare solo alcuni esempî, il termometro esposto al Sole si alza a Parigi sino a 63 gradi. Il signor Duveyrier lo ha osservato a 67°,7 nel paese del Tuareg. Nel suo viaggio in Abissinia, il signor d'Abbadies ha osservato, in valli che erano vere fornaci, 70° alla superficie del suolo, ed i colonnelli di stato maggiore Ferret e Gallinier, fino 75°! (Vedasi, Cap. VII, *Climi*).

Un'ultima osservazione a proposito di tutti questi dati.

I meteoristi hanno l'abitudine di constatare la temperatura dell'aria all'ombra e non la temperatura al Sole. Non basta. L'influenza del Sole sulla natura dev'essere misurata per intero e non per metà. Siccome le piante non sono abituate a portar parasole, ricevono direttamente e senza diminuzione i raggi del Sole. Gli estremi della temperatura devono quindi esser presi fra le temperature glaciali, osservate dove non c'è riparo dal vento, e così al basso fin dove possono scendere realmente, e le temperature torride pure osservate quali riscontrasi in pieno sole d'estate.

D'altra parte un termometro all'ombra può dare tutte le temperature imaginabili, secondo il vento al quale è esposto, l'irradiamento del suolo e degli edificî, e mille cause che, in certe circostanze, possono quasi alzarlo fino al grado ch'esso segnerebbe in pieno sole all'aperta campagna. Non è questa dunque l'influenza esatta del Sole, quantunque sia la *temperatura dell'aria*. Sorprende che nessuno siasi presa la briga di stabilire nello stesso tempo misure comparative permanenti, in ogni stagione, al sole e all'ombra. Siccome il colore assorbito dai diversi corpi è per sè stesso variabilissimo, per avvicinarsi alla condizione delle piante potrebbesi colorire in verde uno de' termometri esposti al sole.

Siffatte constatazioni avrebbero la loro importanza in meteorologia. A ragione sono state comprese nel programma del nuovo Osservatorio di Montsouris.

Dinanzi a tali variazioni della temperatura, è lecito chiedere fino a qual punto l'organismo umano può opporre una resistenza che non lo metta in pericolo di morte immediata. La temperatura media del corpo umano è di 36 gradi e mezzo (la si ottiene facilmente ponendo il serbatojo di un termometro sotto la lingua). Quella degli uccelli è più elevata, e in certe specie tocca i 44 gradi. Quella dei pesci è la più bassa, e scende fino a 14 gradi. Pare che gli esseri viventi si sottraggano alle leggi generali del calore, in ciò che non sono quasi mai alla temperatura ambiente.

Havvi sulla terra gran numero di luoghi abitati, nei quali il termometro all'ombra ed all'esposizione del nord si alza più gradi sopra la temperatura del sangue. A torto dunque supponevasi anticamente che l'uomo fosse soffocato appena si trovasse in un' atmosfera più calda del suo corpo. Non esiste alcuna esperienza da cui si possa dedurre qual sia l'ultimo termine d'una temperatura *abituale* che possiamo sopportare; ci è noto soltanto che questo termine è straordinariamente elevato quando la prova dura soltanto un piccolo numero di minuti (1).

---

(1) Tillet riferisce nelle *Memorie dell'Accademia* del 1764, che le donne di servizio al forno comune di La Rochefoucauld stavano di solito dieci minuti in tal forno, senza troppo soffrire, quando la temperatura vi era di 132 gradi, cioè superiore di 32 gradi alla temperatura dell'acqua bollente. Nel momento della esperienza, intorno alle donne di servizio c'erano mele e carne da macelleria che cuocevano.

Nel 1774 Fordyce, Banks, Solander, Blagden, Dundas, Home, Nooth, lord Seaforth ed il capitano Phipps entrarono in una camera ove la temperatura era di 128 gradi e vi restarono otto minuti. La loro temperatura naturale s'accrebbe leggiermente. Nella stessa camera, a fianco degli osservatori, alcune uova divennero sode, còsse un *beefsteak* e l'acqua entrò in ebollizione.

Nel 1828 si è veduto a Parigi un uomo entrare in un forno alto un metro, e nel quale un termometro posto verso la parte superiore segnava 137 gradi: ci rimase cinque minuti: era coperto prima d'un leggiero abito di cotone, poi d'un vestito di lana rossa, grosso, foderato di tela, e sulla quale aveva una specie di *carrik* di lana, pure foderato; portava un cappuccio da penitente di lana bianca foderata (Arago, VIII, p. 154).

Si può sopportare colla mano una temperatura

Di 47°,0 nel mercurio;	Di 54°,0 nell'olio;
Di 50° 0 nell'acqua;	E di 54°,5 nell'alcool.

Per esperienza fatta, sappiamo che alcune persone bevono abitualmente il caffè alla temperatura di 55 centigradi.

Newton ha dato 42° centigradi come il più forte calore d'un bagno d'acqua ove si possa tenere la mano agitandola. Egli assicurò che se la mano sta immobile si può andare oltre 8 gradi ancora, cioè a 50° centigradi.

Il medico Carrère dice che un uomo robusto non può stare più di tre minuti in un bagno d'acqua termale di Roussillon la cui temperatura è di 50° centigradi.

Il dottor Berger stabilisce a 42° centigradi il calore d'un bagno d'acqua pura, che non si può sopportare senza risentirne incomodo, senza che i polsi s'accelerino in modo inquietante.

Pure, e come corona a quanto qui sopra abbiamo riferito, il maresciallo Marmont, duca di Ragusa, attestò ad Arago di aver veduto a Broussa, in compagnia d'un medico austriaco, il dottor Jeng, un turco, tuffarsi in un bagno d'acqua a 78 centigradi!

CAPITOLO VI.

L'Autunno. – L'Inverno.

LA TERRA VEGETALE. — PAESAGGI D'INVERNO. — IL FREDDO. — LA NEVE.
IL GHIACCIO. — LA BRINA, IL NEVISCHIO, ecc.

Gl'inverni memorabili. — Le più basse temperature osservate.

Augusto Comte aveva esternata l'idea di riunire tutte le forze di cui può disporre il genere umano e tentar di rizzare l'asse del mondo. Milton narra che prima del peccato d'Adamo (e d'Eva) l'asse di rotazione del globo era perpendicolare sull'eclittica, così che non v'erano stagioni e che la Terra godeva un'eterna primavera; ma che, dopo il pomo, Jehovah andò sulle furie e diede un calcio al nostro povero pianeta, che fin da quel tempo goffamente va rigirando e subisce a vicenda gli ardori della state e i rigori del verno. Senza dubbio se la Terra non avesse le stagioni sì diverse, che danno sì cattiva ospitalità all'umana famiglia, l'organamento della natura animata sarebbe stato compiuto da forze meno rozze, e noi fruiremmo di uno stato più armonico ed uniforme. Sarebbe una condizione d'abitabilità superiore alla nostra. Ma l'asse è inclinato, e lo è sempre stato e lo sarà sempre, di modo che non c'è stata, nè vi sarà mai veramente l'età dell'oro sulla terra. Per effetto di questa inclinazione, gli organismi vegetali ed animali sono stati successivamente costituiti per vivere nel mezzo ambiente, meno delicati, meno sensibili, meno elevati che nol sarebbero stati in condizione superiore. Ma così come sono, trovansi per la loro stessa natura in corrispondenza col regime terrestre, in guisa che se ad un tratto l'asse venisse a rialzarsi, la primavera perpetua che avremmo in prospettiva sarebbe funesta per la vita della terra, e noi rimpiangeremmo assai le nostre antiche stagioni e perfino gl'inverni.

Infatti, l'autunno e l'inverno non sono meno indispensabili allo svolgimento della vita terrestre che la primavera e l'estate. Dopo di averci dati i suoi fiori e i suoi frutti, la Terra reclama il riposo, la tranquillità e il silenzio, e il suo seno non è inesauribile che a patto d'essere

rigenerato periodicamente. L'autunno è la stagione di passaggio fra il calore ed il freddo, passaggio che avvenendo gradatamente, secondo l'inclinazione crescente del nostro orizzonte fino al solstizio d'inverno, è attraversato da urti meteorologici che provengono dalle burrasche, dai venti, dai ghiacci formatisi sotto le alte latitudini; da variazioni che in sostanza costituiscono le condizioni della vita del pianeta. Nell'epoca dell'inclinazione più obliqua del sole e de' giorni più brevi, la Terra di più in più raffreddata, pare che lentamente cada nei ghiacci della morte. Ma la superficie sola subisce la spogliazione e questo disperdimento ghiacciale: abbiamo veduto che ad alcuni metri di profondità l'inverno è l'epoca più calda, e che più in giù la crosta terrestre ha una temperatura uniforme, pari alla media del luogo.

Fruttidoro, vendemmiale, brumajo ci presentano la natura sotto il suo aspetto serio e severo. La verzura uniforme della primavera e della state ha lasciato posto alla diversità delle gradazioni che precedono la caduta delle foglie, I paesaggi sono meglio modellati, le tinte delle nubi così come quelle dei boschi sono più calde e più fisse, quasichè, prima di spegnerli, la natura volesse affermare agli occhî dell'uomo la sua grandezza, la sua eternità. Più non si odono le allegri canzoni dell'uccello che sta costruendo il proprio nido nei cespugli e sui rami; più non si respirono i grati e delicati profumi dei fiori di maggio; è un'epoca solenne che s'annunzia nell'atmosfera, poichè la Terra coll'inclinarsi ognor più sotto i raggi del Sole pare rientri in sè stessa e si raccolga nel sentimento della propria individualità personale. I ricami vegetali della luce e del calore sciolgonsi e cadono, il vento soffia e porta via le foglie, i frutti sono colti, dai prodotti dell'orto creato dalla civiltà fino a quelli della vite; Pomona ha surrogato Cerere o Flora, e l'industria umana afferma ogni anno l'opera sua più antica e più costante chiamando l'uomo nelle comode abitazioni sotto le quali è riparato dalle intemperie dell'autunno o dell'inverno, e può vivere in tal rigorosa stagione tra l'opere della mente umana, raccolte per virtù della stampa, tra le dolci affezioni della famiglia e della fratellanza delle anime da lui prescelte. Frimajo, piovoso, nevoso, esercitano una concentrazione fisica sul morale dell'uomo, ben diversa dall'espansione dovuta alle luminose, calde giornate della primavera e della state: modellati sulla natura terrestre, noi spesso subiamo, a nostra insaputa, la sua variabile influenza, la quale sempre dovrebbe rivolgersi a vantaggio nostro se conducessimo una vita intellettuale ed armonica. Ogni stagione può dare così alla mente come al corpo un salutare cambiamento di attività, e, a dispetto dei 23 gradi d'inclinazione dell'asse, questo pianeta potrebbe essere d'un soggiorno aggradevole se noi fossimo un poco *spirituali*. Ma no: chè invece di essere semplicemente tranquilli e felici, trascorriamo la nostra effimera esistenza nel combatterci scam-

bievolmente, con tutte le armi imaginabili, dalle ciarle dell'invidia e della gelosia, fino al fucile ed al cannone delle guerre internazionali e civili.

Abbiamo veduto in qual modo la crescente obliquità dei raggi solari cagiona il raffreddamento del nostro emisfero e forma le stagioni d'autunno e d'inverno. Vedremo più innanzi in qual modo le pioggie aggiungano l'ufficio loro a quello del calore e del vento per fecondare la terra e renderla atta alla vegetazione. La terra vegetale non è, come i terreni geologici, un semplice prodotto del mondo naturale; essa, all'opposto, va debitrice dell'esistenza al mondo atmosferico. L'*humus* che costituisce l'elemento fondamentale ed indispensabile della terra vegetale è un prodotto della forza organica, una combinazione di carbonio, d'idrogeno, d'azoto e d'ossigeno, tale che non può essere prodotta dalle forze della natura non organizzata, perchè nella natura morta le sostanze non si collegano che per la combinazione semplice di due di esse, e non di tutte insieme, come ha avuto luogo qui (V. Boussingault, *Chimica agricola*, I, pag. 371). A queste sostanze essenziali dell'*humus* se ne aggiungono alcune altre in minore quantità: del fosforo, del solfo, un po' di terra propriamente detta e talvolta diversi sali. Nella stessa guisa che l'*humus* è una produzione della vita, ne è del pari la condizione. Esso dà il nutrimento ai corpi dotati d'organi; senza di esso non ci sarebbe vita individuale almeno per gli animali e per le piante più perfette: ond'è che la morte e la distruzione sono necessarie all'alimentazione ed alla riproduzione di una nuova vita. Ad eccezione dell'acqua, è la sola sostanza che nel suolo fornisca un alimento alle piante. Basta che osserviamo il progresso della vegetazione sulle nude roccie per istudiare la storia della terra arabile fino dal principio del mondo. Vi si formano dapprima dei licheni e de' muschi, nella decomposizione dei quali trovano lor nutrimento piante più perfette. Queste, a lor volta, aumentano la massa della terra vegetale colla loro putrefazione; onde, infine, vi si forma uno strato d'*humus*, che può alimentare gli alberi più vigorosi.

L'autunno, spargendo sulla superficie della terra le spoglie dei boschi, gli avanzi della vegetazione di cui erano ricche nei bei giorni di sole le colline e le pianure, ed inaffiando il suolo colle ripetute pioggie; l'inverno, seppellendo le campagne addormentate sotto l'immenso lenzuolo di neve, preparano l'uno e l'altro le condizioni della vita che deve rinnovarsi in primavera. Senza l'aria, le piante non respirerebbero e non potrebbero esistere, neppure le più umili. Senza l'aria, la superficie del suolo non potrebbe ricevere il menomo tappeto di muschio, nè il più leggiero *humus* vegetale; la terra sarebbe ovunque dirupata, sterile e nuda. Senza l'aria le nubi non potrebbero nè formarsi, nè tenersi sospese sopra le campagne. Senza l'aria non vi sarebbero nè pioggie,

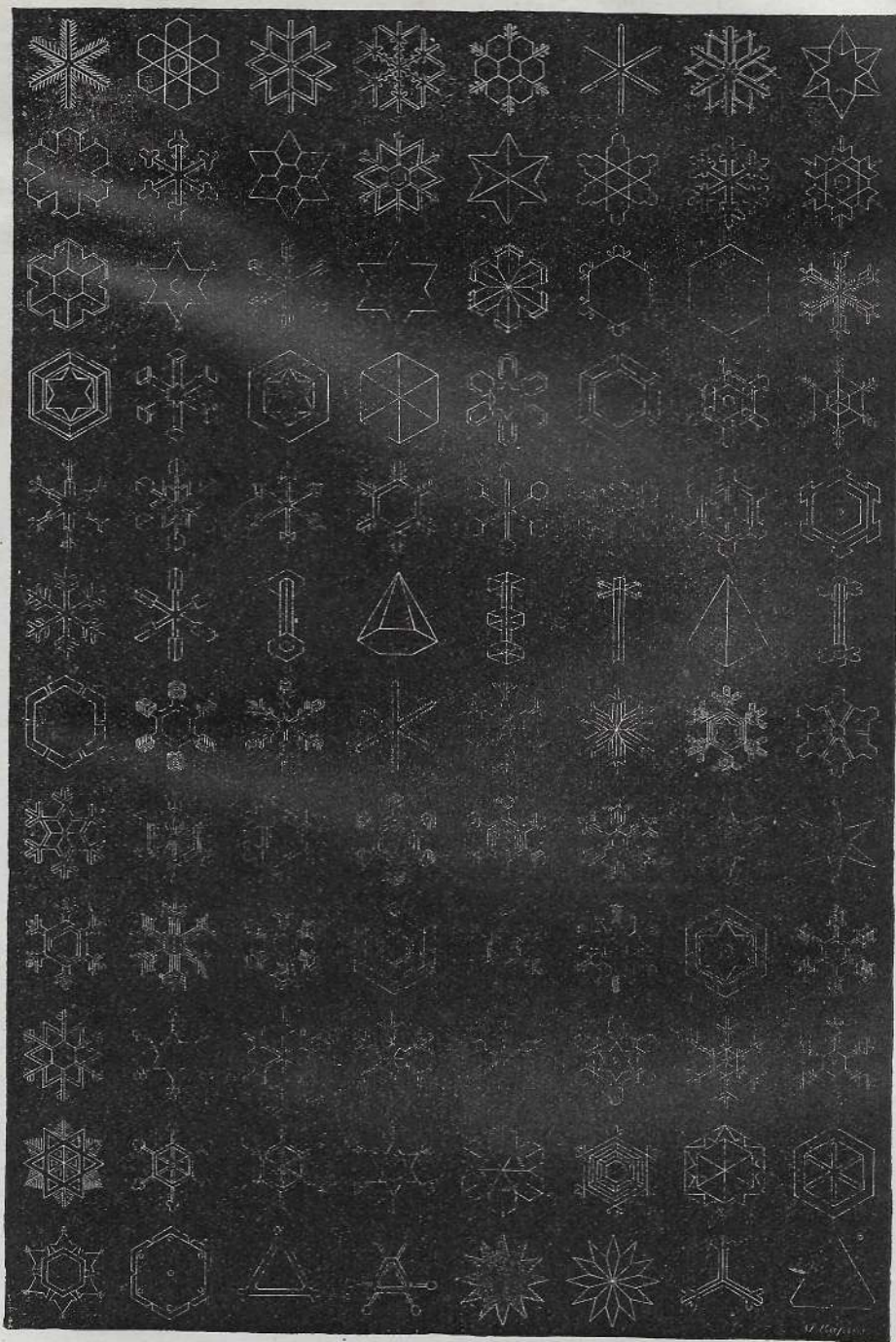



Fig. 124. — Le figure della neve.

nè acqua, nè umidità, nè vento, nè circolazione. Da qualsiasi lato la si consideri, l'atmosfera dimostrasi la condizione suprema, l'ordinatrice permanente della doppia vita vegetale ed animale che funziona su questo pianeta. Le stagioni modificano costantemente lo stesso suolo geologico. Per l'osservatore poco riflessivo, pare che le roccie e le sostanze minerali siano assolutamente indistruttibili, che esse rappresentino, per così dire, il tipo della stabilità e della durata. Ma con un po' d'attenzione vedesi che le roccie stesse vanno distruggendosi continuamente, e che qualsiasi sostanza minerale esposta all'aria ed alla pioggia è necessariamente abbandonata alla distruzione. L'aria coll'umidità, l'acido carbonico e l'ossigeno, esercita sulle roccie una potenza d'alterazione veramente straordinaria. Nessuna pietra resiste alla sua influenza: calcare e basalto, granito e porfido, nulla è al sicuro dal chimico assalto dell'atmosfera e dell'acqua. Ciò che i poeti ed i retori chiamano *la mano del tempo*, altro non è che quest'azione chimica che si esercita durante un lungo intervallo. Le alternative di caldo e di freddo sono potenti ausiliarî dell'aria in quest'opera di distruzione. Il freddo spezza in frammenti, in seguito alla congelazione dell'acqua che le ha penetrate, le pietre cui l'azione dell'aria deve poi decomporre: è questa una divisione meccanica che prepara ed agevola una decomposizione chimica.

Il calcare rozzo, tratto dai terziarî, col quale fabbricansi le case di Parigi, subisce una lenta disaggregazione, che lo fa cadere in polvere. Il popolo attribuisce siffatta alterazione all'astro delle notti; esso dice che *la Luna mangia le pietre*. — Il dotto idraulico Bélidor fa a tale proposito la consolante osservazione che essendo le azioni reciproche ed essendo la Terra assai più grande della Luna, quella deve mangiarne a questa molto di più!

Così ai giorni nostri e sotto i nostri occhi, l'azione combinata dell'acqua e dell'atmosfera produce, coll'agire sulle roccie componenti le montagne, frane, scoscendimenti di terreno e simili, talvolta disastrosi al pari dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche.

I monti si distruggono incessantamente. Il freddo screpola e divide le roccie, l'aria le decompone, l'acqua le lava e le trascina. È questo un livello generale operato dalle sole forze della natura. Se la Terra durerà abbastanza a lungo, e se più non subirà di quelle scosse che lasciano dei rilievi alla sua superficie, le montagne finiranno coll'abbassarsi, le valli ed il mare coll'alzarsi: siffattamente che siccome nulla si perde, l'acqua dell'oceano, straripando a poco a poco, finirà coll'occupare l'intera superficie del globo, con duecento metri di spessore, strato sufficiente per affogare il genere umano colle opere sue.

E però l'aria, vuoi direttamente colla sua lenta azione, vuoi indirettamente coll'intermediario dei vegetali e degli animali, di continuo

modifica la superficie del nostro pianeta. Attualmente è il sottile strato di terra arabile quello che costituisce per noi la maggiore ricchezza della terra. Questo strato è eccessivamente sottile, e nella maggior parte dei paesi non ha guari più di un metro di spessore. La coltura dipende insieme e dalla sua composizione chimica, e dal concime col quale lo si arricchisce, e dal sottosuolo sul quale riposa. Questo sottosuolo non è insignificante, poichè a seconda che esso è argilloso, sabbioso o calcare, la pioggia agisce in proporzioni più o meno favorevoli. Puossi facilmente notare il sottile spessore della terra vegetale per mezzo dei numerosi tagli operati un poco dappertutto dall'industria delle vie ferrate, specialmente quando i tagli sono fatti nella creta bianca (come per esempio, al sud di Parigi, nella strada ferrata di Sceaux, da Montsouris ad Arcueil, ove la terra grigia della superficie non è che un tappeto dello spessore di pochi centimetri).

Le stagioni, il cui valore astronomico è dovuto alla traslazione del pianeta inclinato intorno al Sole relativamente immobile, e la cui opera meteorologica dipende dall'esistenza e dalla natura dell'atmosfera, le stagioni, diciamo, succedonsi come già l'abbiamo veduto per la conservazione della vita terrestre. Ora siamo giunti all'ultima, all'inverno oscuro, freddo e ghiacciato. Facciamoci una giusta idea delle meteore che lo caratterizzano.

Col progressivo abbassamento della temperatura, il termometro è sceso fino al livello inferiore delle sue calorifiche indicazioni, fino allo zero, punto notevole in cui l'acqua cessa di conservare il suo stato liquido e si solidifica come il minerale. Essa può allora rivestire forme diverse, sia che divenga massiccia, allo stato di ghiaccio, sia che s'agglomeri leggiermente nei sottili frastagli dei diaccioli, sia che cada lentamente in pagliuzze nell'atmosfera e si unisca nelle stellate falde della neve. È abitualmente con quest'ultima meteora che l'inverno comincia ad affermare la sua venuta, poichè la neve si forma quando la temperatura è scesa allo zero. Se questa temperatura eguale ed inferiore allo zero estende dalle nubi fino alla superficie della terra, l'acqua giunge al suolo allo stato di neve. Se la neve, nel cadere, non ha da attraversare che un debole strato d'aria al disopra dello zero, ed è abbondante, allora essa giunge pure allo stato di neve e vi persiste. Ciò è quanto vedesi talvolta in estate (esempio: la nevicata del 4 luglio 1868 presso Nizza, fra la Tinea e la Vesubia, che persistette fino al giorno dopo nelle vallate di San Salvatore e di Rimplas). Se lo strato d'aria che è vicino al suolo ha una temperatura elevata ed uno spessore di parecchie centinaja di metri, la neve non giunge fino a terra, e noi riceviamo una pioggia più o meno fredda. Questo è il caso di un gran numero di acquazzoni di primavera e d'autunno, dipendenti da questo, che disopra della linea di zero nell'atmosfera, linea che abbiamo tracciato

più sopra, l'acqua delle nubi è costantemente allo stato di neve, tanto nei giorni più caldi d'estate quanto in inverno.

Svolgendo il suo tappeto sulla superficie della terra, la neve è ad un tempo coperta e parafuoco; una coperta poichè, essendo poco conduttrice, si oppone al passaggio del calore ed impedisce alla terra che la sopporta di raffreddarsi fino al grado dell'aria; un parafuoco perchè si oppone all'irradiamento notturno. Ciò è quanto fu constatato dal Boussingault a Bechelbronn, nel 1841, ponendo un primo termometro *sulla* neve e coprendo la bolla di neve, ed un secondo *sotto* la neve, in contatto col suolo.

	11 febb. 5 pom.	12, lev. sole	12, 5.30 pom.	13, lev. sole	13, 5.30 pom.
Sotto la neve	0°,0	— 3°,5	0°,0	— 2°,0	0°,0
Sulla neve	— 1 0	— 12 0	— 1 4	— 8 2	— 1 0

La temperatura è sempre più elevata al disotto della neve che al disopra. Senza la neve, nelle mattine del 12 e del 13 febbrajo qui sopra citate, le foglie, gli steli, la corona delle radici avrebbero subìto un freddo di — 12° e di — 8°. Sono tali raffreddamenti notturni che fanno perire un gran numero di piante di frumento in autunno, quando il campo non è riparato.

Sulla vetta del monte Bianco, Carlo Martins ha osservato — 17°,6 alla superficie della neve, e — 14°,6 a due decimetri di profondità (29 agosto 1844).

Noterò pure le esperienze Rozet, nelle quali la temperatura del suolo sotto la neve mostrasi a — 1°,6 e — 2 gradi, mentre quella del suolo privo di neve è di — 2°,5 e 3 gradi (Parigi, gennajo 1885).

La neve aggiunge ancora un' influenza alle prime in favore della fertilizzazione del suolo. Al pari della pioggia e della nebbia, essa racchiude in sè una notevole proporzione d'ammoniaca (parecchî milligrammi ogni litro d'acqua), che esiste allo stato volatile nell'atmosfera, e ch'essa prende e riconduce sul suolo opponendosi in appresso alla volatilizzazione, la quale non manca mai d'avvenire dopo le pioggie e segnatamente dopo le pioggie calde.

Se, come d'ordinario accade, la terra ha subìto, prima che nevichi, l' azione d' un gelo forte, capace di uccidere gl' insetti nocivi, tutto pronostica una fertile annata.

Originariamente, cioè nelle nubi ghiacciate delle altezze dell'atmosfera, la neve sembra formata da filamenti di ghiaccio eccessivamente slegati. Quando le gocciolette d'acqua che formano le nebbie e le nubi ordinarie si coagulano, il che non accade se non con freddi di 20 e 30 gradi, sotto l'influenza delle altitudini elevate o di correnti glaciali, probabilmente tali gocciolette non conservano allora il loro stato sferoidale, ma si schiacciano e si allungano alcun poco e finiscono col

prendere la forma di un filamento, il quale si congela nello stesso momento della fisica trasformazione. In virtù delle leggi della cristallizzazione, codesti piccoli filamenti di ghiaccio s'agglomerano formando angoli di 60 gradi e costituiscono le numerosissime figure, ma aventi tutte il medesimo ordine geometrico, della neve. Poi queste nubi di neve scendono più o meno celeremente nella loro atmosfera tranquilla, si dilatano e si restringono più o meno, giusta le condizioni di temperatura cui sono soggette. Io considero in tal modo la formazione della neve senza tuttavia affermarla, poichè nessuno peranco ha assistito direttamente a simile formazione, e ad onta del mio gran desiderio, non sono ancora riuscito ad inalzarmi in pallone fino all'*origine* della nevicata (1).

La forma dei fiocchi di neve ha da lunga pezza colpito gli osservatori. Keplero parla della loro struttura con ammirazione, ed altri fisici hanno cercato di determinarne la causa; ma gli è soltanto dal tempo in cui si imparano a conoscere le leggi della cristallizzazione in generale (esempio: solfo, sale, ecc.), che fu possibile gettare qualche luce su tale soggetto.

La geometria c'insegna che di tutti i poligoni inscritti in un circolo non ve n'ha che uno solo di cui tutti i lati siano eguali al raggio del circolo circoscritto, e questo è l'esagono regolare, o figura a sei lati. Ora, è questa figura geometrica semplice e completa che la natura sembra preferisca ad ogni altra. È dessa che l'ape e la vespa costruiscono nei loro alveari, e l'ingegnosa mosca da miele ha inoltre risolto il grande problema geometrico di « fornire il maggior spazio possibile con poca materia » dando per fondo al suo esagono una piramide a tre rombi eguali. Questa figura esagonale è suddivisa sui fiori campestri, e noi la ritroviamo nelle cristallizzazioni del ghiaccio e della neve, nell'analisi di tutte le forme presentate.

La tendenza del ghiaccio a pigliare una forma cristallina apparisce chiara dai disegni di foglie di felci che osservansi sui vetri delle finestre in inverno, quando l'acqua vi si congela. Chiunque ha veduto quei cristalli arborescenti sulle finestre delle camere non riscaldate, figure spesse volte fantastiche, delle quali il piccolo disegno antecedente (fig. 125) dà semplicemente l'idea analitica. Le linee nascono, si pro-

---

(1) In un'ascensione del 26 giugno 1863, Glaisher incontrò a 4500 metri una nube immensa di neve, che stendevasi sopra uno spessore di 1800 metri. Era una scena veramente ammirabile. Quella neve era interamente composta di piccoli cristalli perfettamente visibili, di eccessiva delicatezza. Vedevansi le punte lontane una dall'altra, regolate da due sistemi di cristallizzazione, poichè gl'intervalli angolari erano gli uni di 60° e gli altri di 60° + 30°, ossia 90°. Eravi un'infinità di forme svariate che era facile riconoscer raccogliendole sulla manica dell'abito.

Quando questa neve cessò di cadere, gli aeronauti non erano più che a diecimila piedi dal suolo, ed entrarono in una fitta nebbia dalla quale non poterono uscire se non quando toccarono terra.

lungano, si moltiplicano come rami, e si stendono sulla lastra di vetro formando costantemente angoli di 60 gradi.

Se noi prendiamo un pezzo massiccio di ghiaccio, potremo, sciogliendolo lentamente al fuoco di un fascio di luce elettrica e projettando questa dissezione su di uno schermo, scorgere le molecole di ghiaccio che si separano l'una dall'altra e lasciano vedere la loro struttura geometrica. La forza cristallina aveva tacitamente e simmetricamente elevato un atomo sovra l'altro; il fascio elettrico li fa cadere tacitamente e simmetricamente. « Osservate questa imagine, diceva sir John Tyndall in una sua lezione all' Istituto reale d' Inghilterra, osservate questa imagine (fig. 126), la cui bellezza è ancora molto lungi dall'effetto reale. Ecco una stella, eccone un'altra; e di mano in mano che l'azione continua, il ghiaccio sembra sciogliersi sempre maggiormente in stelle, tutte di sei raggi, ognuna delle quali rassomiglia ad un bel fiore di sei petali. Facendo andare e venire la mia lente, io metto in vista nuove stelle; a grado a grado che l'azione continua, le estremità dei petali si coprono di smerlature e disegnano sullo schermo come foglie di felce. Probabilmente, pochissime tra le persone qui presenti erano iniziate alle bellezze nascoste in un pezzo di ghiaccio comune. E pensate che la prodiga natura agisce così nel mondo intiero! Ogni atomo della crosta solida che copre i laghi ghiacciati del Nord è stato sovrapposto secondo questa legge medesima. La natura dispone i suoi raggi con armonia, e la missione della scienza è quella di purificare abbastanza i nostri organi affinchè noi possiamo comprenderne gli accordi. »

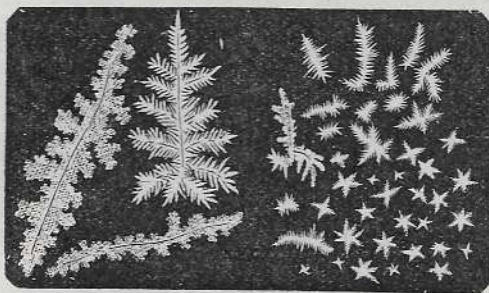



Fig. 125. — Arborescenza del ghiaccio sui vetri.

L'esame delle figure della neve porta ad impressioni non meno vive sull'esistenza della geometria, del numero e della bellezza delle opere della natura. Non sono più soltanto alcuni fiori di ghiaccio come i precedenti che si sono potuti constatare e disegnare nei leggierissimi fiocchi di neve, ma *più di cento* specie diverse e tutte configurate secondo il medesimo angolo fondamentale di 60 gradi. Il capitano Scoresby ne' suoi viaggi ai mari polari, ne ha studiato e disegnato un totale di 96 in una stampa bellissima che qui riproduciamo (fig. 124). Kaëmt aggiunge a queste 96 combinazioni diverse dello stesso angolo, che da parte sua ne ha trovato almeno una ventina di più, e che le varietà ascendono probabilmente a parecchie centinaja. « Chi non ammirerebbe, esclama egli, l'infinita potenza della natura, che ha saputo

creare tante forme svariate in corpi di sì piccol volume? » (*Meteorologia*, trad. di C. Martins, pag. 121).

La prima forma (fig. 124) è la più frequente; essa ha d'ordinario 2 millimetri di diametro, e si forma con temperature prossime allo zero

Gli esaedri non oltrepassano i 3 decimi di millimetro e si producono coi freddi più intensi. Quei fiocchi a nucleo e ad aghi ramificati si

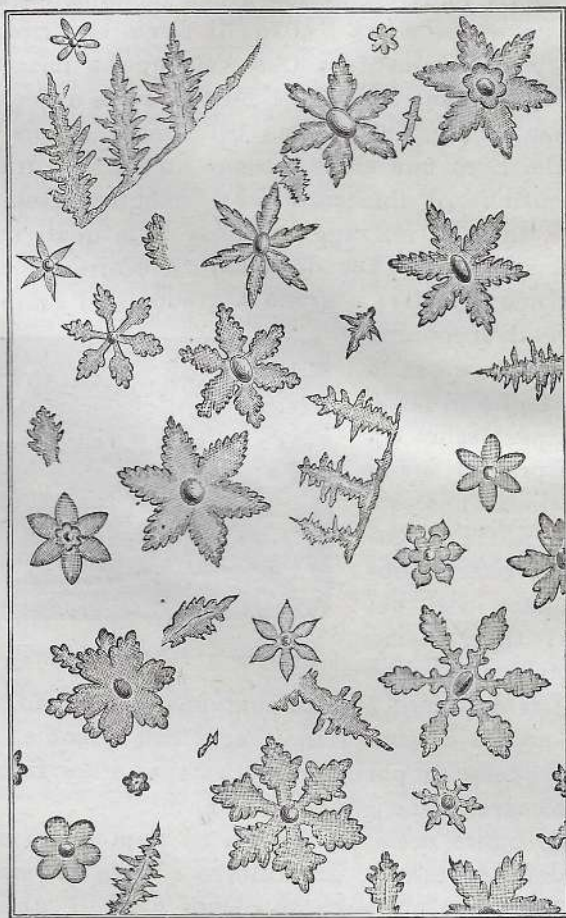



Fig. 126. — Fiori del ghiaccio che si rivelano per mezzo della fusione.

formano con temperature inferiori soltanto di varî gradi allo zero, ed hanno un diametro di 4 o 5 millimetri.

Più il freddo è intenso e più la neve è fine. Nelle regioni polari con freddi di 20 gradi, essa è allo stato di polvere. Tal fatto presentasi talvolta sotto le nostre latitudini; così nell'inverno del 1829-1830, in Isvizzera, a Yverdun, il 1° febbrajo, questa neve detta polare cadde con un freddo di 20 gradi.

Sonvi talvolta nevicate di un'abbondanza formidabile. L'anno 1850, fra gli altri, è stato memorabile nell'Europa intiera per la grande quantità di neve caduta. Essa inalzossi a 45 piedi sul monte San Bernardo, e per uscire dai loro conventi, i monaci erano obbligati a scavare un passaggio attraverso gli strati ammonticchiati. Tutta l'Attica ne fu coperta all'altezza di un metro. A memoria d'uomo, dicono le relazioni, non era mai accaduto un fenomeno simile; le montagne dell'Imetto, del Pentelico e di Parne formavano, colla vasta pianura degli oliveti, un solo tappeto bianco ondeggiato. Essa cadde in gran copia nelle vie di Napoli, nelle Ardenne, nel Lussemburgo, in Corsica ed a Costanti-

Fig. 127. — Una nevicata nelle Ande.

nopoli; perfino le comunicazioni vennero interrotte per parecchî giorni; buon numero di persone furono trovate gelate sulla strada.

Ne' paesi boreali, in Siberia, le tempeste di neve sono ancora più spaventose e più funeste dell'intensità del freddo. Tali uragani durano da uno a tre giorni, dice Humboldt; l'atmosfera diventa oscura a motivo della massa di neve che cade o che è sollevata dalla violenza del vento. Nel 1824, tutti gli armenti dell'orda interna dei Kirghisi fra le estremità dell'Ural ed il Volga, furono scacciati da un uragano verso Saratow. In tale occasione perirono 280 500 cavalli, 30 400 bestie cornute, 10 000 camelli e più di un milione di pecore.

Tali sventure, quantunque meno terribili, non sono sconosciute nei climi temperati. L'8 gennajo 1848, un convoglio che viaggiava da Aumale ad Algeri fu assalito sulle alture di Sak-Hamondi da una tempesta di neve, che precipitò i muli nei burroni, e, in meno d'un quarto d'ora, cagionò la morte di 14 uomini su 44 che componevano la spedizione.

La neve cade talvolta a fiocchi sì fitti, che dietro i primi piani forma un bianco velo nevoso che nasconde il paesaggio. Queste nevicate sì abbondanti avvengono specialmente sugli altipiani dell'Asia e delle Ande, ove le carovane le hanno spesso osservate, come qui lo ricorda il nostro disegno (fig. 127). I sentieri sono presto cancellati sotto il mobile lenzuolo che li ricopre, diventa difficil cosa l'orientarsi, e come accade delle nevicate più rade dei paesi nostri, che i viaggiatori si smarriscono sul San Bernardo od anche nelle nostre pianure francesi per addormentarsi nell'ultimo sonno, così in tali cadute piuttosto frequenti negli altipiani, il viaggiatore si ferma smarrito, si sprofonda nei burroni se tenta di rintracciare la strada, cade in letargia se riposa, e troppo spesso non ha altro termine che la morte per uscire dalla meteora che lo seppellisce.

Si è tentato di determinare la densità della neve: i risultati variano. Salideau aveva trovato che, fondendosi, essa riducesi ad un volume cinque o sei volte minore. La Hire ha misurato una neve che erasi ridotta al dodicesimo del suo volume passando allo stato liquido. Musschenbroeck assicura di aver veduto, dal canto suo, ad Utrecht, una neve venti volte più leggiera dell'acqua. Dopo le ricerche di questi fisici, non abbiamo come osservazioni speciali se non quelle di Quételet, da cui risulta che la densità della neve può essere considerata, in media, presso a poco la decima di quella dell'acqua: si può, a norma di tale apprezzamento, calcolare piuttosto esattamente l'altezza della neve caduta nelle circostanze più notevoli.

La neve più densa che sia stata registrata a Bruxelles fu quella del 16 e 17 febbrajo 1843; l'acqua raccolta in 24 ore fu di 18 millimetri e 21; dal 15 al 16 è stata di 14 millimetri e 13; ciò che equivale in 48 ore, a più di 32 centimetri di neve. Il vento soffiava dal N. E.; il termometro tenevasi sotto lo zero, ed il barometro era bassissimo; 735 millimetri.

Nel gennajo 1870, la neve giunse all'altezza di 1 metro e fino a 1,60 a Collioure (Pirenei Orientali), nei beni del signor Naudin, dell'Istituto. Dal 1804 in poi non erasi più veduto in quel paese tant'abbondanza di neve. Gli ulivi e gli aranci perirono.

Una neve leggierissima formasi nelle mattine d'inverno, d'autunno e di primavera intorno ai rami umidi degli alberi e sugli steli delle piante, quando la temperatura dell'aria è inferiore a zero. È la *brina*,

che potrebbesi anche chiamare una rugiada ghiacciata, e i cui ricami spesso maravigliosi danno ai nostri paesaggi d'inverno quell'insieme di severità e di malinconia che li distingue. La brina formasi specialmente nelle mattine nebbiose, e spesso soltanto al mezzodì il sole giunge a fondere quelle leggiere stalattiti vegetali deposte dall'umidità atmosferica. La formazione della brina ha per spiegazione la teoria della rugiada di cui parleremo più innanzi.

Le burrasche danno origine talvolta ad una pioggia di neve più densa e più fine della neve solita, il *nevischio*. Queste goccioline di acqua ghiacciata non provengono probabilmente da nubi allo stato di neve, ma gelano cadendo, e più non presentano le forme simmetriche da noi ammirate. Forse è neve dispersa da soffî di vento improvvisi e caldi. Tali cadute si osservano specialmente alla fine dell'inverno e negli acquazzoni di marzo. Il nevischio entra nella classificazione delle meteore acquose prodotte dal freddo. La tempesta, che pare sia nevischio in grande, ne differisce nullameno per l'origine, e noi la studieremo nei nostri capitoli speciali sulle pioggie e i temporali.

Allorchè la pioggia arriva sino allo stato liquido sopra un suolo la cui superficie è a una temperatura inferiore al ghiaccio, quest'acqua si congela e copre d'uno strato sdrucciolevole il terreno e talvolta le piante e tutti gli oggetti sparsi sul suolo. È il *gelicidio,* di cui vedonsi esempî a Parigi uno o due giorni ogni inverno, e un po' meno raramente nella campagna, il cui suolo è sempre d'una temperatura inferiore in inverno a quella delle grandi città.

Passiamo ora al principale fenomeno dell'inverno, alla formazione del ghiaccio.

Quando la temperatura tiensi per alcun tempo sotto lo zero, le acque *tranquille* congelansi alla superficie. Una leggiera increspatura comincia a togliere la lucentezza a questa superficie, e forma una prima pellicola sottile che si fa grossa e si fa grande se il freddo continua. La teoria si spiega da sè coll'equilibrio degli strati d'acqua di diverse temperature e di diverse densità.

Se si gettano confusamente in uno stesso vaso liquidi di varie densità, ma che non abbiano affinità chimica, il più pesante finisce col porsi affondo, ed il più leggiero alla superficie.

Tutti i corpi aumentano di densità quando la loro temperatura diminuisce. L'acqua solamente, in una certa estensione brevissima della scala termometrica, offre una singolare eccezione a questa regola. Pigliamo dell'acqua a 10° centig. e facciamola raffreddare graduatamente; a 9° noi troveremo maggior densità che a 10°; a 8° maggior densità che a 9°; a 7° maggior densità che a 8°, così di seguito fino a 4°. A questo limite la condensazione cesserà; nel passaggio da 4° a 3°, si manifesterà già una sensibile diminuzione di densità. Questa diminu-

zione continuerà quando la temperatura scenderà da 3° a 2°, da 2° a 1° e da 1° a 0°. Insomma l'acqua ha un massimo di densità che non coincide col termine della sua congelazione, e che è a 4° sopra lo zero.

Ora, non v'ha nulla di più semplice del determinare in qual modo avvenga la congelazione d'un'acqua stagnante.

Supponiamo che nel momento in cui il vento del nord produce il gelo, l'acqua in tutta la massa sia a 10°. Il raffreddamento del liquido pel contatto dell'aria glaciale si effettua all'esterno ed all'interno. La superficie che, per ipotesi, era di 10°, non sarà tra breve che di 9°; ma a 9° l'acqua è più pesante che a 10°; dunque essa cadrà al fondo della massa, e sarà surrogata da uno strato non peranco raffreddato, la cui temperatura è 10°. Questo a sua volta subirà la sorte del primo strato, e così di seguito. In un tempo più o meno lungo la massa intiera sarà dunque a 9°.

L'acqua a 9° si raffredderà precisamente come l'acqua a 10° a strati successivi. Ciascuno a sua volta verrà alla superficie a perdere un grado della sua temperatura. Lo stesso fenomeno si riprodurrà con circostanze esattamente uguali, a 8°, a 7°, a 6° e a 5°. Ma non appena si giungerà a 4°, tutto sarà cambiato.

A 4°, infatti, l'acqua sarà giunta alla densità massima. Quando l'azione atmosferica avrà sottratto un grado di calore al suo strato superficiale, quand'essa lo avrà ridotto a 3°, questo strato sarà meno denso della massa ch'esso ricopre; dunque non vi si sprofonderà. Una nuova diminuzione di calore non lo farà affondare di più, poichè a 2° l'acqua è più leggiera che a 3°, ecc.

Collo star sempre alla superficie esterna di continuo esposta all'azione raffreddante dell'atmosfera, lo strato di cui si tratta perderà ben presto i 4 gradi primitivi del suo calore. Esso finirà dunque per giungere a zero e congelarsi. Ne risulta che la lamina di ghiaccio si trova posta sopra una massa liquida la cui temperatura, almeno al fondo, è di 4° sopra lo zero.

È chiaro che la congelazione d'un'acqua tranquilla non potrebbe avvenire in altro modo.

I fiumi e le *acque correnti* non gelano dalla superficie, come le acque tranquille, ma per la riunione ed il consolidamento di ghiacci fluttuanti trasportati ne' giorni di freddo intenso.

Ne' piccoli corsi d'acqua quali sono i ruscelli larghi pochi metri, il ghiaccio comincia lungo ogni sponda, si allarga a poco a poco e finisce col giungere nel mezzo.

Nelle grandi correnti il ghiaccio formatosi sulle rive non può allargarsi con molta facilità, a cagione del movimento della massa delle acque, nè esso giungerebbe mai a resistere e ad estendersi fino a coprire interamente il fiume. Ma formansi larghe croste di ghiaccio *nel*

fondo del fiume, e queste croste irregolari, staccate, risalgono in breve alla superficie in ragione della loro minore densità.

L'acqua non è disposta a strati successivi d' ineguale densità ne' corsi d'acqua il cui movimento dà continuamente origine a risucchî ed a cadute. L'acqua più leggiera non galleggia allora costantemente alla superficie e le correnti la precipitano nella massa, che essa va a raffreddare, e che in breve riesce ad avere ovunque una temperatura uguale.

Mentre in una massa d'acqua stagnante il fondo non potrebbe scen-

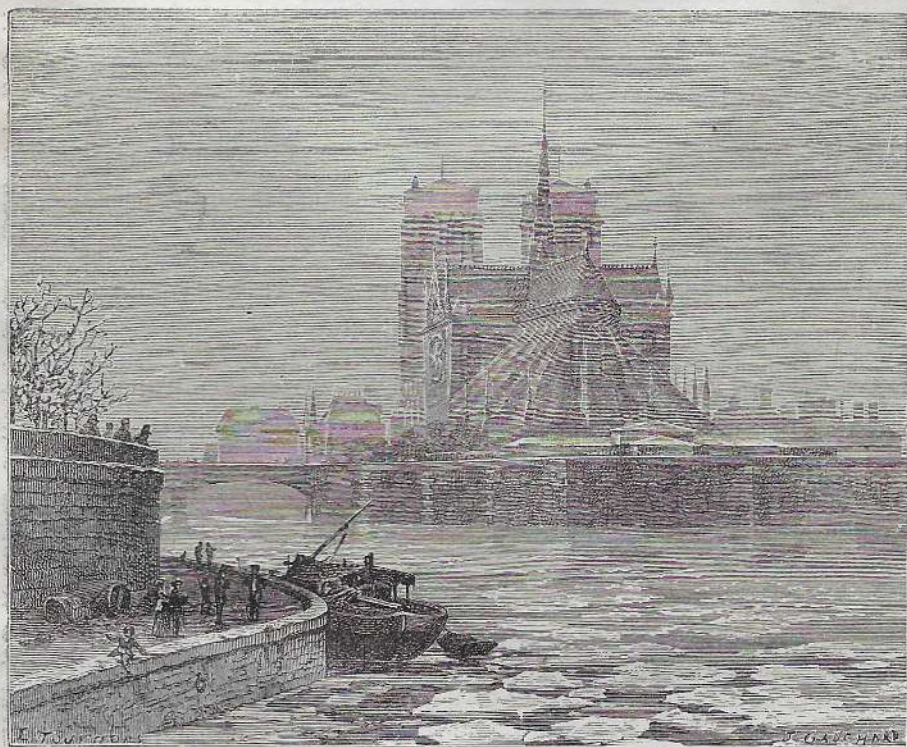



Fig. 128. — L'inverno. — La Senna a diacci.

dere sotto 4°, in questa stessa massa agitata, la superficie, il mezzo, il fondo possono essere simultaneamente a zero.

Allorchè questa uniformità di temperatura esiste, la congelazione ha luogo dal fondo e non dalla superficie scabra. Ecco la risposta di Arago:

« Per effettuare la formazione dei cristalli in una soluzione salina, basta introdurvi un corpo acuminato o una superficie scabra; egli è intorno alla scabrosità di questo corpo che i cristalli hanno specialmente origine e ricevono pronti accrescimenti. Tutti possono accertarsi che lo stesso avviene dei cristalli di ghiaccio, e che se il vaso dove si

suol vedere operare la congelazione presenta una fessura, un rialzo, una soluzione qualunque di continuità, queste irregolarità diverranno altrettanti centri intorno ai quali i filamenti d'acqua solidificata si aggrupperanno di preferenza. »

Ciò che dianzi abbiamo esposto è appunto la storia della congelazione dei fiumi. La congelazione ha luogo sul letto, ove stanno i frantumi di roccia, i ciottoli, i pezzi di legno, le erbaccie, ecc.

Un'altra circostanza che sembra possa del pari rappresentare certa parte del fenomeno è il movimento dell'acqua. Alla superficie questo movimento è rapidissimo, improvviso: deve esso dunque opporre impedimento all'aggruppamento simmetrico degli aghi, a quella disposizione polare senza i cui cristalli, di qualsiasi natura siano, non acquistano nè regolarità nè solidità; esso deve spesse volte rompere i nuclei cristallini, anche allo stato rudimentale. Il movimento, grande ostacolo alla cristallizzazione, se esiste in fondo all'acqua come alla superficie, vi è almeno assai attenuato. Si può dunque supporre che la sua azione non impedirà che a lungo andare una moltitudine di piccoli filamenti non si colleghino in modo da generare questa specie di ghiaccio spugnoso.

Il congelamento dei fiumi per l'agglomerarsi de' ghiaccioli trasportati è visibile per qualsiasi osservatore un po' attento. D'altra parte a Parigi, nel rigido verno del 1709, si è fatta l'esperienza che questa circostanza è necessaria per riprodurre la congelazione: la Senna non gelò: contro quello che di solito accadeva in tempi meno rigorosi, la violenza del freddo agghiacciò in un tratto e per intero i piccoli fiumi che si scaricano nella Senna, sopra Parigi, e però questo fiume trasportò poco ghiaccio, e il mezzo della corrente rimase sempre libero.

I fiumi non cominciano a gelare che alla temperatura di circa — 6°. I gran fiumi, per essere congelati da una sponda all'altra, esigono una temperatura tanto più bassa quanto più sono rapidi. Mano mano che si prolungano i rigori del freddo, aumenta lo spessore dello strato di ghiaccio, il quale permette alla fine che uomini o carri vi passino sopra, in guisa che il fatto di portare i pesi è la prova, quasi la misura, dell'intensità del verno. Interessa dunque di conoscere lo spessore del ghiaccio necessario per sostenere determinati pesi. È provato che occorrono 5 centimetri perchè il ghiaccio porti un uomo, 9 centimetri perchè un cavaliere vi passi con sicurezza; quando il ghiaccio misura 13 centimetri porta cannoni da otto sulle slitte; e quando il suo spessore giunge a 20 centimetri, può passarvi su l'artiglieria da campagna. Le vetture più pesanti, una folla numerosa sono al sicuro sul ghiaccio alto 27 centimetri.

Nel 1795 la cavalleria francese s'impadronì della flotta olandese attraversando il Texel gelato. Negli inverni rigidissimi il ghiaccio può giungere sui fiumi di Russia ad uno spessore di un metro; in Francia

non ha mai oltrepassato 0m,66. È tale la resistenza, che nel 1744 fu costruito a Pietroburgo un elegante palazzo di ghiaccio lungo 16m,88, largo 5m,19 e alto 6m,49; il peso del tetto colle parti superiori fu perfettamente retto dal piede dell'edificio. Dinanzi al fabbricato furono posti sei cannoni di ghiaccio coi loro affusti della stessa materia e si caricarono a palla. Ogni pezzo forò, a sessanta passi, un'asse grossa 0m,054. I cannoni avevano lo spessore soltanto di 0m,108, ed erano caricati di un quarto di polvere; non uno scoppio. La Neva aveva fornito i materiali dello strano edificio.

Abbiamo detto che allorquando l'acqua si congela, essa aumenta di volume; conseguenza e prova di questa dilatazione è la rottura dei vasi ov'essa è contenuta, rottura che avviene con facilità maggiore quanto più è rapida la congelazione e stretto il vaso all'alto. Huyghens, per provare quanto sia grande l'effetto dovuto alla congelazione, prese una canna di ferro di un dito di spessore pieno d'acqua e ben chiusa; l'espose a gelo fortissimo, e dopo dodici ore la canna scoppiò in due punti con gran rumore.

Questa esperienza ripetesi ogni giorno nei corsi di fisica, abbassando la temperatura coi mezzi artificiali. Gli accademici del Cimento fecero rompere con tal mezzo parecchi vasi, e Musschenbroeck calcola che in uno di questi vasi ci volle uno sforzo di 27 720 libbre. A Québec il maggiore d'artiglieria E. Williams riempì d'acqua una bomba di 13 pollici di diametro, poi chiuse il foro con uno stoppaccio di ferro ficcatovi a tutta forza. Egli espose la bomba ad un freddo energico, l'acqua gelò, spinse lo stoppaccio a più di 400 piedi, e uscì dal buco un cilindro di ghiaccio lungo 8 pollici. In una seconda esperienza il turacciolo resistette, ma la bomba si spaccò ed una lamina di ghiaccio uscì dalla fenditura.

Da ciò comprendesi non esservi nulla di più naturale del veder il ghiaccio sollevare il selciato delle vie e spezzare i tubi dei condotti d'acqua. È allora, come dice il proverbio, che *gela da spezzare le pietre*.

Le pietre dette fragili, che si spezzano durante i freddi rigorosi, debbono tale proprietà alla porosità loro; l'acqua s'introduce nei pori, e, congelandosi, spezza l'involucro. Certi vegetali periscono durante l'inverno, perchè l'acqua contenuta ne' loro vasi si congela, e, per la sua espansione, squarcia il tessuto. Uno degli esempî più disastrosi di quest'azione ci è fornito dai pomi di terra, un alimento divenuto sì generale, ed al quale il gelo fa provare un'alterazione abbastanza profonda da modificarne la costituzione fisica. È noto che la patata acquista così un sapore assai sgradevole che la fa rifiutare perfino dagli animali; e che è presso a poco impossibile cavarne la fecola dopo lo sgelo, quantunque la composizione chimica rimanga la stessa.

Completiamo questo capitolo con una rivista generale degl' *inverni più rigidi.*

Egli è difficile stabilire a qual grado del termometro convenga limitare la definizione del freddo rigido. Generalmente noi siamo proclivi a giudicare più severamente il freddo che proviamo noi che non quello sofferto dai nostri antenati, e, per esempio, quando la temperatura scende soltanto a 10 gradi sotto lo zero, siamo interamente disposti a credere che freddi simili non abbiano mai agghiacciata la Francia. E però noi qui non considereremo come inverni rigidi se non quelli in cui il freddo è intenso e lungo abbastanza per gelare e per diacciare certe sezioni dei grandi fiumi, come la Senna, la Saona, il Reno, per render solido il vino, per distruggere il tessuto di certi alberi, e per avere gravi conseguenze tanto sul regno vegetale quanto sul regno animale.

Ecco, tra gl' inverni memorabili, quelli che sono stati più crudi da cento anni in qua. Notiamo innanzi tutto che i più rigidi verni dei secoli passati sono stati quelli del 1544, 1608 e 1709, anno in cui il termometro dell'Osservatorio di Parigi discese a — 23°,1. L'anno 1776 presentasi quindi come eccezionale pei freddi rigorosi che lo contrassegnarono. Il Tevere, il Reno, la Senna, la Saona, il Rodano stesso, così rapido, furono quasi interamente gelati. A Parigi il vino gelò nelle cantine e le botti si ruppero. Sentivasi nei boschi fendersi gli alberi e scoppiare rumorosamente. Parecchi viaggiatori morirono di freddo sulle strade e rimasero sepolti sotto il lenzuolo della neve sparsa dovunque.

Dopo il 1776, giungiamo all'inverno del 1788-1789, precursore della Rivoluzione. Quell' inverno fu uno dei più rigidi e dei più lunghi che abbiano incrudelito per tutta l'Europa. A Parigi il freddo ha cominciato il 25 novembre, e durò, salvo una interruzione del gelo per un giorno (il 25 dicembre), 50 giorni consecutivi; lo sgelo ebbe luogo cominciando dal 13 gennajo; misurossi uno spessore di neve di $0^m,65$. Sul grande canale di Versailles, negli stagni e su diversi ruscelli, il ghiaccio raggiunse perfino lo spessore di $0^m,60$. L'acqua gelò pure in varî pozzi profondissimi; il vino congelossi nelle cantine. La Senna cominciò a rapprendersi fino dal 26 novembre 1788; per parecchi giorni fu interrotto il suo corso e lo sgelo non avvenne che verso il 20 gennajo. La più bassa temperatura osservata a Parigi fu, il 31 dicembre, di 21°,8. Il freddo non fu meno forte nelle altre parti della Francia e in tutta l'Europa. Il Rodano si rapprese completamente a Lione, la Garonna gelò a Tolosa; a Marsiglia le rive del bacino furono coperte di ghiaccio. Sulle coste dell' Oceano il mare gelò in una estensione di parecchie leghe. Il ghiaccio, sul Reno, fu sì alto, che vetture cariche poterono attraversare quel fiume. L'Elba fu interamente coperta di ghiaccio e portò dei carriaggi da trasporto. Il porto di Ostenda gelò abbastanza perchè si potesse attraversare il ghiaccio a piedi e a cavallo; il mare si rapprese fino a quattro leghe di distanza dalle fortificazioni esterne di quella piazza, cui nessun

naviglio poteva avvicinarsi. Il Tamigi fu gelato fino a Gravesend, sei leghe più basso di Londra; nelle feste di Natale e nei primi di gennajo, a Londra e nei dintorni il fiume fu coperto di botteghe.

Ecco le più basse temperature osservate in diversi luoghi:

Basilea (Svizzera), il 18 dicembre	— 37°,5
Brema (Germania), il 16 dicembre	— 35 6
Varsavia (Polonia), il 18 dicembre	— 32 5
Dresda (Germania), il 17 dicembre	— 32 1
Eosberg (Norvegia), il 29 dicembre	— 31 3
Pietroburgo, il 12 dicembre	— 30 6
Berlino (Prussia), il 28 dicembre	— 28 8
Strasburgo, il 31 dicembre	— 26 3
Tour, »	— 25 0
Lons-le-Saunier, »	— 24 0
Troyes, »	— 23 8
Orléans, »	— 22 5
Lione, »	— 21 9
Rouen, il 30 dicembre	— 21 8
Parigi, il 31 dicembre	— 21 8
Grenoble, »	— 21 2
Angoulême, »	— 18 7
Marsiglia, »	— 17 0

Il freddo si fece crudelmente sentire sugli uomini e sugli animali: anche i vegetal' ne soffrirono moltissimo. Nel paese tolosano il pane gelò in pressochè tutte le case: non si poteva tagliare se non dopo averlo esposto al fuoco. Parecchi viaggiatori perirono nelle nevi; a Lemberg, in Gallizia, trentasette persone furono trovate morte di freddo in tre giorni, alla fine di dicembre. Gli uccelli che d'ordinario abitano il settentrione si mostrarono in varie provincie della Francia. I pesci perirono in quasi tutti gli stagni a motivo della profondità del ghiaccio.

1794-1795. — Tale inverno fu notevolmente lungo e rigoroso in tutta Europa. A Parigi contansi 32 giorni consecutivi di gelo; il 25 gennajo la temperatura cadde a 23° sotto lo zero. A Londra, il minimo di temperatura verificasi nello stesso giorno, e fu di — 13°,3; a mezzanotte, sulle rive del Rodano, presso Ginevra, di — 14°. Il Meno, la Schelda, il Reno, la Senna furono gelati al punto che parecchie vetture e varî corpi d'armata li attraversarono in diverse località. Il Tamigi fu rappreso nei primi giorni di gennajo, nei dintorni di White-Hall, ad onta dell'altezza della marea. Pichegru mandò, il 20 gennajo, nell' Olanda settentrionale, varî distaccamenti di cavalleria e d'artiglieria leggiera, con *ordine alla cavalleria* di attraversare il Texel, di avvicinarsi ai *vascelli* da guerra olandesi sorpresi all' àncora per il freddo e di *impadronirsene*. I cavalieri francesi attraversarono al galoppo la pianura di ghiaccio.

pervennero presso i vascelli, intimarono loro di arrendersi, se ne impadronirono senza colpo ferire e fecero prigioniera la flotta!

1798-1799. — Il freddo è stato rigido in tutta l'Europa. A Parigi contansi 32 giorni consecutivi di gelo, e la Senna è stata completamente rappresa dal 29 dicembre fino al 19 gennajo, dal ponte della Tournelle, di là del ponte Reale, ma senza poter portare i pedoni. La più bassa temperatura osservata fu, il 10 dicembre 1798, di — 17°,6. Un'aquila delle Alpi fu uccisa a Chaillot. La Mosa, l'Elba, il Reno furono gelati più solidamente della Senna. Si attraversò la Mosa in vettura; all'Aja ed a Rotterdam furono stabilite sul fiume botteghe di mercanti e ogni sorta di spettacoli. Un reggimento di dragoni, partendo da Magonza, attraversò il Reno sul ghiaccio invece di passare sul ponte di Chassel, cui era stato uopo levare.

1812-1813. — Quest'inverno sarà mai sempre memorabile pei terribili disastri della ritirata dell'esercito francese attraverso le più aspre brine della Russia, dopo l'assedio e l'incendio di Mosca. Il freddo cominciò presto a farsi sentire nell'Europa tutta. Dovunque la temperatura più bassa, non dell'inverno ma dei due anni 1812, 1813, fu nel dicembre 1812. Le prime nevi caddero a Mosca il 13 ottobre; la ritirata dell'esercito principiò il 18. Napoleone uscì dalla capitale dell'impero moscovita il 19, e il completo sgombro della città ebbe luogo il 28. L'armata si mise in cammino per Smolensko senza che la neve avesse cessato di cadere. I freddi presero un eccessivo rigore cominciando dal 7 novembre; il 9, il termometro segnò — 15°. Il 17 novembre la temperatura discesce a — 26°,2, dietro l'asserto di Larrey, il quale portava un termometro sospeso alla bottoniera. Il valoroso corpo d'armata del maresciallo Ney sfuggì all'esercito russo che lo circondava da ogni parte, dice Arago, attraversando, nella notte del 18 al 19 novembre, il Dnieper gelato. Il giorno prima un corpo d'esercito russo attraversò colla propria artiglieria la Dwina sul ghiaccio. Ma il freddo scemò ed uno sgelo sopravvenne il 24, senza tuttavia persistere; di maniera che il 26, il 27, il 28 ed il 29, quando avvenne il lungo e tragico passaggio della Beresina, l'acqua formava numerosi diacciuoli senza presentare in veruna parte un passaggio per gli uomini. Bentosto il rigore del freddo tornò energicamente; il termometro ridiscese a 25° il 30 novembre, a 30° il 3 dicembre e a 37° il 6 dicembre a Molocdezno, il dì susseguente a quello in cui Napoleone partì da Smorgoni e lasciò l'esercito dopo la redazione del 29mo bollettino, che apprese alla Francia una parte dei disastri di quella terribile campagna.

Gli effetti del rigido freddo al quale i soldati mal vestiti furono ad un tratto sottomessi, devono essere notati qui come un esempio dell'azione delle temperature bassissime sugli esseri animati. Dapprima le fitte nevi del principio di novembre assalirono l'esercito: « Mentre il soldato si sforza, dice il signor di Ségur, per farsi strada attraverso quei turbini di vento e di brina, i fiocchi di neve, spinti dalla tempesta, si ammucchiano e si fermano in tutte le cavità; la loro superficie nasconde sconosciuti abissi che si aprono profondamente sotto i loro passi. Colà il soldato cade

e i più deboli, abbandonandosi privi di forza, vi restano sepolti. Coloro che vengono dopo volgono altrove, ma la tempesta getta loro sul volto la neve che cade dal cielo e quella ch'essa porta via dalla terra: i loro abiti bagnati gelano loro indosso; quest'inviluppo di ghiaccio intormentisce il corpo e toglie ogni movimento alle membra. Un vento acuto e fortissimo impedisce loro la respirazione; esso se ne impadronisce nell'istante in cui la esalano e ne forma diacciuoli che pendono dalla loro barba tutto intorno alla bocca. Quegli infelici si trascinano tuttavia tremanti dal freddo fino a che la neve che s'appiccica loro sotto i piedi in forma di pietra, qualche rottame, un ramo od il corpo d'un compagno non li faccia incespicare e cadere.

« Ivi inutilmente essi gemono, chè in breve la neve li ricopre; lievi eminenze li fanno conoscere: ecco la loro sepoltura! La strada è ovunque disseminata di queste ondulazioni come un campo funerario. I più intrepidi e i più indifferenti ne sono scossi: passano rapidamente volgendo altrove gli sguardi; ma dinanzi, intorno ad essi tutto è neve; la loro vista si perde nell'immensa e trista uniformità, l'imaginazione stupisce: è come un gran lenzuolo nel quale la natura avviluppa l'esercito; I soli oggetti che se ne staccano sono oscuri abeti, alberi di tomba colla loro lugubre verdura, e la gigantesca immobilità de' loro neri tronchi, e la loro grave tristezza che completa il desolato aspetto d'un lutto generale, di una natura selvaggia e di un esercito morente in mezzo alla natura morta. Tutto, financo le armi, non ha guari offensive, ma in appresso solo difensive, si volsero allora contro loro stessi. Esse parvero per le loro braccia intirizzite, insopportabile peso; nelle frequenti cadute che facevano, esse sfuggivano loro di mano, si rompevano e rompevansi nella neve. Se i soldati rialzavansi, lo facevano senza di esse; perchè non le gettarono via di proprio moto: la fame ed il freddo le strapparono loro di mano. Le dita gelavano sul fucile, che pur tenevano stretto e che toglieva loro il movimento necessario per conservare un resto di calore di vita. »

Un chirurgo maggiore della grande armata, il signor Renato Bourgevos, in questi termini ha descritte le sofferenze atroci cagionate da tanto freddo:

« Le calzature dei soldati, arse dalle nevi, in breve furono logorate, e i poverelli dovettero avvilupparsi i piedi ne' cenci, in brandelli di coperte e di pelli d'animali che si assicuravano con funicelle. Il freddo gelava tosto le parti offese. Ciò che rendeva ancor più funesti quei danni era che, giungendo dinanzi ai fochi, i soldati vi cacciavano imprudentemente le parti gelate, cosicchè, avendo queste perduta la loro sensibilità, più non potevano sentire l'impressione del calore che le consumava. Lungi dal provare il sollievo che si cercava, l'azione improvvisa del fuoco cagionava vivissimi dolori e determinava prontamente la cancrena. »

Tutte le facoltà erano annientate nel maggior numero de' soldati; la certezza della morte impediva loro di fare sforzo alcuno per sottrarvisi. Una grande quantità era in un vero stato di demenza, collo sguardo fisso e l'occhio attonito; camminavano come automi, nel più profondo silenzio. Gli oltraggi, le battiture perfino non bastavano per richiamarli a loro stessi. Per non soccombere, non ci voleva meno di un esercizio continuo che tenesse costantemente il corpo in uno stato di effervo-

scenza e distribuisse il calore naturale in tutte le parti. Se, abbattuto dalla fatica, avevate la sventura di abbandonarvi al sonno, siccome le forze vitali opponevano debole resistenza, stabilivasi ben presto l'equilibrio fra voi e i corpi all'intorno, e poco tempo richiedevasi perchè, conformemente allo stretto significato del linguaggio fisico, il vostro sangue si congelasse nelle vene. Quando, accasciati sotto il peso delle privazioni anteriori, non potevasi padroneggiare il bisogno del sonno, allora la congelazione estendevasi a tutto il corpo, e senza accorgersene si passava dall'intirizzimento letargico alla morte.

« I soldati giovani che accorrevano a raggiungere la grande armata, colpita ad un tratto dall'azione improvvisa del freddo, soccombettero in breve all'eccesso dei patimenti. Questi non perivano nè per spossamento, nè per inazione: il freddo soltanto li abbatteva mortalmente. Dapprima vedevansi barcollare alcuni istanti e camminare col passo mal sicuro, come ubriachi. Pareva che tutto il sangue fosse loro rifluito al capo, tanto era cupo e gonfio il loro viso. In poco d'ora essi erano interamente dominati dal freddo e perdevano le forze. Le loro membra erano come paralizzate; non potendo più reggere le braccia, le abbandonavano al proprio peso e le lasciavano cadere; allora i fucili sfuggivano loro di mano, ripiegavansi le gambe, ed infine essi cadevano, dopo aver tentato sforzi impotenti... Nel momento in cui sentivansi venir meno, gli occhi loro empivansi di lagrime, pareva avessero perduto interamente l'uso de' sensi ed avevano l'aria istupidita; ma l'insieme della loro fisionomia e la contrazione forzata dei muscoli del viso erano prova degli acuti dolori che li straziavano. Gli occhi erano rossi assai, ed il sangue trasudando dai pori goggiolava al di fuori della membrana che ricopre l'intorno delle pupille. »

L'acqua diacciata nella quale dovettero più d'una volta tuffarsi molti soldati per effettuare il passaggio di torrenti o di fiumi non completamente gelati, produsse malattie particolari, che riuscirono quasi sempre mortali. Gli è perciò che morì a Kœnigsberg, sulla fine di dicembre, l'illustre generale Éblé, che aveva salvato gli ultimi avanzi dell'esercito nel passaggio della Beresina: dei cento pontonieri che alla sua voce s'erano tuffati nell'acqua per costruire i ponti, ne rimanevano dodici; degli altri trecento che li assecondarono in quell'eroico lavoro, ne restava appena un quarto.

Mentre 450 000 uomini morivano così, Napoleone ritornava a Parigi in una ben riparata carrozza, e dichiarava non essersi mai sentito tanto bene quanto allora.

Ma dimentichiamo sì tristi ricordi, e proseguiamo la nostra lista degli inverni memorabili.

1819-1820. — Il freddo fu eccessivamente crudo in tale inverno in tutta l'Europa, sebbene i suoi rigori estremi non siano stati di lunga durata. A Parigi contaronsi 47 giorni di gelo, 19 dei quali consecutivi, dal 30 dicembre 1818 al 17 gennajo 1819. Il minimo della temperatura fu, l'11 gennajo, di — 14°,3. La Senna fu interamente diacciata dal 12 al 19 gennajo. La Saona, il Rodano, il Reno, il Danubio, la Garonna, il Tamigi, la laguna di Venezia, il Sund furono congelati in modo che potevasi

passeggiare sul ghiaccio. Le più basse temperature osservate in diverse città sono le seguenti:

Pietroburgo, il 18 gennajo	— 32°,0
Berlino, il 10 gennajo	— 24 4
Maëstricht, il 10 gennajo	— 19 3
Strasburgo, il 15 gennajo	— 18 8
Commercy (Mosa), il 12 gennajo	— 18 8
Marsiglia, il 12 gennajo	— 16 3
Mons, l'11 ed il 15 gennajo	— 15 6
Parigi, l'11 gennajo	— 14 3

In Francia la crudezza del freddo fu annunciata dal passaggio sul litorale del passo di Calais di un gran numero d'uccelli provenienti dalle regioni più boreali, di cigni e di anitre selvatiche dalle piume svariate. Parecchi viaggiatori perirono di freddo, segnatamente un coltivatore del passo di Calais, presso Arras; una guardia forestale presso Nogent, nell'Alta Marna, una donna ed un uomo nella Costa d'Oro; due viaggiatori sulla strada di Breuil, nel dipartimento della Mosa; una donna ed un fanciullo sulla strada d'Étain e Verdun; sei persone nel circondario di Château. Salins (Meurthe); due piccoli Savojardi sulla strada da Clermont a Châlons sulla Saona. Alla Scuola d'artiglieria di Metz, il 10 gennajo, nell'attendere alle esperienze per provare la resistenza del ferro a bassa temperatura, a diversi soldati gelarono le mani e le orecchie.

1829-1830. — Quest'inverno fu il più precoce ed il più lungo tra quelli della prima parte del secolo decimonono; la sua lunghezza fu particolarmente funesta all'agricoltore nei paesi meridionali. I suoi rigori, senza essere eccessivi, si estesero su tutta l'europa; molti fiumi gelarono e lo sgelo fu accompagnato da disastrosi e repentini squagliamenti di ghiacci e da grandi inondazioni; gran numero d'uomin. e d'animali perirono; i lavori dei campi rimasero a lungo sospesi. Ecco le princi pali temperature osservate:

Pietroburgo, il 19 dicembre	— 32°,5
Mulhouse, il 3 febbrajo	— 28 1
Basilea, il 3 febbrajo	— 27 0
Nancy, il 3 febbrajo	— 26 3
Épinal, il 3 febbrajo	— 25 6
Aurillac, il 27 dicembre. . . .	— 23 6
Strasburgo, il 3 febbrajo	— 23 4
Berlino, il 23 dicembre	— 21 0
Metz, il 31 gennajo	— 20 5
Pau, il 27 dicembre	— 17 5
Parigi, il 17 gennajo	— 17 2

In Isvizzera il freddo fu eccessivo sui luoghi elevati. A Friburgo contaronsi 118 giorni di gelo, dei quali 69 consecutivi; il minimo fu di — 18°,5. Nelle pianure, a Yverdun, fra le altre, provossi un effetto intensissimo d'irradiamento; il termometro scese in alcune ore da 10° a 20°. Si vide pur cadere la neve detta *polare*, a cristallizzazione poco fitta, particolarmente nelle temperature bassissime.

La lunga congelazione della Senna ed il repentino sciogliersi del suo ghiaccio eccitarono al più alto segno la pubblica attenzione. Il fiume rimase gelato dal 28 dicembre al 26 gennajo, cioè 27 giorni una prima volta; poi una seconda volta, dal 5 al 10 febbrajo, 34 giorni in tutto, vale a dire tanto a lungo quanto nel 1763; esso gelò all'Havre il 27 dicembre, e il 18 gennajo stabilissi a Rouen una fiera sul ghiaccio. Il 25 gennajo, dopo 6 giorni di sgelo, i ghiacci venuti da Corbeil e da Melun si fermarono al ponte di Choisy e vi formarono una muraglia alta 5 metri.

1840-1841. — Furonvi in tale inverno a Parigi 59 giorni di gelo, dei quali 27 consecutivi. Il freddo cominciò il 5 dicembre e durò, con una interruzione dall'1 al 3, fino al 10 di gennajo. Ebbesi un secondo gelo dal 10 gennajo al 10 febbrajo. Dal 16 dicembre la Senna fu coperta di un'infinità di diacciuoli, ed un arco del Ponte Reale ne rimase ostruito; alla sera dello stesso giorno fermossi al ponte d'Austerlitz, e gelò dal ponte Maria fino a Charenton; il giorno dopo era ghiacciata al ponte di Nostra Donna, e il giorno 9 la si attraversò fra Bercy e la Stazione. In parecchi luoghi i ghiacci ammonticchiati non avevano meno di 2 metri di spessore.

Il 15 dicembre 1840 avvenne a Parigi, dall'Arco di Trionfo della Stella, l'entrata solenne delle ceneri dell'imperatore Napoleone, trasportate da Sant'Elena. Quel giorno il termometro, nei luoghi esposti all'irradiamento notturno, aveva segnato — 14°. Un'immensa moltitudine, le legioni della guardia nazionale di Parigi e dei vicini comuni, numerosi reggimenti, stazionarono dal mattino fino alle 2 pom. nei Campi Elisi. Tutti soffrirono crudelmente pel freddo. Alcune guardie nazionali e diversi operaî credettero di riscaldarsi bevendo dell'acquavite, e invece, presi da freddo, perirono di congestione immediata. Altre persone rimasero vittime della loro curiosità; essendo salite sugli alberi del viale per iscorgere l'insieme del corteggio, le loro estremità irrigidite dal gelo non poterono mantenerle in quella positura; caddero e s'uccisero.

Ecco le più basse temperature osservate in diversi luoghi durante l'anno:

Monte San Bernardo, il 22 gennajo	— 23°,3
Ginevra, il 10 gennajo	— 17 8
Metz, il 17 dicembre	— 15 3
Parigi, il 17 dicembre	— 13 2
Parigi, l'8 gennajo	— 13 1

1853-1854. — Quest'inverno offerse i caratteri di un rigido verno delle regioni temperate d'Europa. Durò dal novembre al marzo, e fu apportatore di numerose congelazioni di fiumi. Furonvi freddi intensi in molte regioni, e tuttavia la sua influenza fu piuttosto vantaggiosa che nociva all'agricoltura.

Le più basse temperature osservate in diversi luoghi sono:

Clermont, il 26 dicembre	— 20°,0
Châlons sulla Marna, il 26 dicembre	— 20 0
Lilla, il 26 dicembre	— 18 0
Kehl, il 26 dicembre	— 17 6
Metz, il 27 dicembre	— 17 5
Bruxelles, il 26 dicembre	— 16 1
Lione, il 30 dicembre	— 14 6
Parigi, il 30 dicembre	— 14 0
Bordeaux, il 30 dicembre	— 10 0

L'inverno dell'anno successivo, 1854-55, si è mostrato egualmente rigido, sopratutto nella Russia meridionale, in Danimarca, in Inghilterra e in Francia. Fu di una lunghezza inusitata. Il gelo incominciò in ottobre nell'est della Francia e prolungossi fino al 28 aprile nella medesima regione. La Loira gela il 17 gennajo e si ferma il 18. La Senna gela il 19, ma non si arresta. Il Rodano copresi gelato a Manheim il 24, e lo si attraversa a piedi.

Ecco il quadro delle più basse temperature osservate:

Vendôme, il 20 gennajo	— 18°,0
Clermont, il 21 gennajo	— 17 0
Bruxelles, il 2 febbrajo	— 16 5
Torino, il 24 gennajo	— 16 5
Metz, il 29 gennajo	— 16 0
Strasburgo, il 29 gennajo	— 16 0
Montpellier, il 21 gennajo	— 16 5
Lilla, il 2 febbrajo	— 13 8
Parigi, il 21 gennajo	— 11 3
Tolosa, il 20 gennajo	— 10 7

L'inverno del 1857-58 ha offerto il tipo d'un inverno di medio rigore nella zona temperata. La Senna si coperse di diacci a Parigi il 5 gennajo; il piccolo braccio della Cité ne fu coperto il 6. La Loira, il Cher, la Nièvre, il Rodano, la Saona, la Dordogna gelarono in parecchi luoghi. Il Danubio e i porti russi del mar Nero furono gelati in gennajo.

Le più basse temperature osservate sono:

Le Puy, il 25 gennajo	— 14° 1
Clermont, il 7 gennajo	— 14 0
Bourg, il 29 gennajo	— 12 0
Vendôme, il 6 gennajo	— 11 0
Lilla, il 7 gennajo	— 10 0
Parigi, l 7 gennajo	— 9 0

L'inverno del 1864-65 fu peggiore. La Senna rappigliossi a Parigi e la si attraversava al ponte delle Arti. Gli estremi della temperatura furono:

Haparanda, il 7 febbrajo	— 33°,4
Pietroburgo, il 9 febbrajo	— 28 8
Riga, il 4 febbrajo	— 25 8
Berna, il 14 febbrajo	— 15 0
Dunkerque, il 15 febbrajo	— 12 0
Strasburgo, l'11 febbrajo.	— 11 0

Anche l'inverno del 1870-71 verrà annoverato tra i rigidi a motivo della grande intensità dei freddi di dicembre e di gennajo, ad onta della temperatura affatto primaverile del febbrajo, ed anche a motivo della fatale influenza di questi freddi sulla mortalità alla fine dell'odiosa guerra che ci desolò. La grande corrente equatoriale, che per l'ordinario soffia fino in Norvegia, quest'anno si è arrestata al Portogallo ed alla Spagna; il vento dominante è stato quello del nord. Il 5 dicembre constatasi a Parigi 6° al disotto dello zero: l'8 constatasi — 8° a Montpellier. Un secondo periodo di freddo ci sorprende dal 22 dicembre al 5 gennajo: a Parigi la Senna si rappiglia qua e là e minaccia d'agghiacciarsi completamente; osservansi: — 12° il 24, — 16° a Montpellier il 31. È noto che nei dintorni di Parigi parecchi soldati in fazione agli avamposti e un certo numero di feriti raccolti *quindici* ore troppo tardi sono GELATI.

Dal 9 al 15 gennajo un terzo periodo di freddo indica, il 15, — 8° a Parigi e — 13° a Montpellier. Ciò che v'ha di più curioso si è che il freddo è stato più intenso nel mezzogiorno che nel nord della Francia. A Bruxelles i minimi sono stati — 11°,6 in dicembre e — 13°,2 in gennajo. Vi furono 40 giorni di gelo a Montpellier, 42 a Parigi, 47 a Bruxelles in quei due mesi. Finalmente, la media dell'inverno (dicembre, gennajo, febbrajo) è di 1°,83 a Parigi, mentre la media generale è di 3°,26. Nelle parti settentrionali dell'Europa quest'inverno è stato egualmente rigido, quantunque il freddo siasi fatto sentire in date diverse dalle precedenti. Il 12 febbrajo si osservarono — 22° a Copenaghen.

Dai documenti che il signor Renou mi comunica per la Francia, rilevo un minimo di — 23° a Périgueux, di — 25° a Moulins, di 25°,5 al Puy (Alta Loira). Dai documenti che il signor Glaisher mi manda dall'Osservatorio di Greenwinch, vedo che anch'egli considera i mesi del dicembre 1870 e del gennajo 1871 come aventi il carattere di rigore degl'inverni memorabili.

L'inverno del 1871-72 non verrà inscritto come un verno rigido, malgrado l'eccessivo freddo del 9 dicembre, perchè quella corrente di freddo non ha fatto che passare in mezzo ad una stagione relativamente temperata. La media dell'ultimo inverno è infatti soltanto di 3°,9 per Parigi.

La singolare corrente glaciale che si fe' sentire nella mattina del 9 gennajo, ha gelato il vino in varie cantine, ha schiantato diversi alberi, ha distrutto intiere vigne

in poche ore, e ha fatto scendere il termometro a sconosciute temperature nelle seguenti località (i numeri furono rilevati con cura e verificati):

La Jacqueminière (Loiret)	— 27°,5
Vichy (Allier)	— 27 0
Montbéliard (Doubs)	— 26 9
Nemours (Senna e Marna)	— 26 0
Épinal (Vosgi)	— 25 6
Reims (Marna)	— 25 5
Montargis (Loiret)	— 25 5
Aubevilliers (Senna)	— 24 4
Montsouris (Parigi)	— 23 7
Doulevant (Alta Marna)	— 22 2
Osservatorio di Parigi	— 21 5

Affinchè la Senna geli a Parigi, esigesi un freddo di 9 gradi circa, per più giorni di seguito. Abbiamo veduto più sopra come ciò avvenga. Fin dal principio del secolo, il fiume è stato gelato completamente dodici volte: gennajo 1803; dicembre 1812; gennajo 1820, 1821, 1823, 1829, 1830 e 1838; dicembre 1840; gennajo 1854; gennajo 1865 e dicembre 1871, il 9 alle 10 pom., ci volle tal freddo improvviso per formare i massi di ghiaccio, che rimasero intatti dieci giorni malgrado la cessazione del freddo.

Il signor Renou ha osservato che gl' inverni più rigidi ritornano ogni quarantun anno: 1709-1794 (meno freddo) — 1789-1830-1871.

Ecco le temperature più basse osservate in diverse città della Francia, dacchè si studiano scientificamente col termometro. Come la lista precedente delle temperature più elevate, esse sono inscritte andando da settentrione a mezzodì. Ho registrato tutte quelle che hanno raggiunto almeno 20 gradi di freddo, ed ho tenuto conto soltanto di esse, tranne che per Parigi, ove sono parecchî confronti:

Luoghi	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Date	Massim
Douai	50°,22	0°,44	24m	28 gennajo 1776	— 37°,0
Arras	50 17	0 26	67	30 dicembre 1788	— 23 4
Amiens	49 53	0 2	36	27 febbrajo 1776	— 20 3
San Quintino	49 50	0 57	104	28 gennajo 1776	— 20 6
Vervins	49 55	1 34	175	31 dicembre 1788	— 21 9
Montdidier	49 39	0 14	99	29 gennajo 1776	— 22 5
Rouen	49 26	1 15	37	30 dicembre 1788	— 21 8
Clermont (Oise)	49 23	0 5	86	26 dicembre 1853	— 20 5
Reims	49 15	1 42	86	9 dicembre 1871	— 25 5
Les Mesneux	49 13	3 50	85	19 gennajo 1855	— 20 2
Metz	49 7	3 50	182	31 gennajo 1830	— 20 5
Montmorency	49 0	0 2	183	gennajo 1895	— 20 0

Luoghi	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Date	Massimo
Châlons sulla Marna	48°,57	2°,1	42m	dicembre 1788	— 20,°6
				26 dicembre 1853	— 20 0
Goersdorf	48 57	5 26	228	27 dicembre 1853	— 21 8
Parigi (Osservatorio)	48 50	0 0		23 gennajo 1795	— 23 4
				13 gennajo 1709	— 23 1
				9 dicembre 1871	— 21 5
				31 dicembre 1788	— 21 8
				6 febbrajo 1665	— 21 2
				22 gennajo 1716	— 19 7
				29 gennajo 1776	— 19 1
				30 dicembre 1783	
				20 gennajo 1838	— 19 0
				17 gennajo 1830	— 17 2
Parigi (Montsouris)	0 0	0 0	77	9 dicembre 1871	— 23 7
Hagueneau	48 48	5 25	65	dicembre 1788	— 21 5
L'Aigle	48 43	2 0	136	30 dicembre 1788	— 21 8
Nancy	48 42	3 51	200	1 febbrajo 1776	— 22 6
				3 febbrajo 1830	— 26 2
Strasburgo	48 35 N	5 25	144	31 dicembre 1788	— 26 3
				3 febbrajo 1830	— 23 4
Étampes	48 26	0 10	127	31 dicembre 1788	— 21 9
Nemours	48 0	0 0	60	9 dicembre 1871	— 26 0
Mayenne	48 18	2 57	102	dicembre 1788	— 20 0
Troyes	48 18	1 45	110	31 dicembre 1788	— 23 0
Saint-Dié	48 17	4 37	343	31 dicembre 1788	— 26 0
Épinal	48 10	4 7	341	3 feb. 1830 e 9 dic. 1871	— 25 6
Colmar	48 5	5 1	195	19 dicembre 1788	— 25 6
Neuf-Brisach . . .	48 0	5 0	106	18 dicembre 1788	— 30 2
Montargis	48 0	0 23	100	9 dicembre 1871	— 25 5
Orléans	47 54	0 26	123	31 dicembre 1788	— 22 5
Molhouse	47 49	5 0	229	gennajo 1784	— 22 4
				3 febbrajo 1830	— 28 1
Beaugency	47 46	0 46	100	31 dicembre 1788	— 22 5
Montbéliard	47 30	4 28	320	9 dicembre 1871	— 26 9
Tours	47 24	1 39	55	31 dicembre 1788	— 25 0
Dijon	47 19	2 42	246	1 febbrajo 1776	— 20 0
Chinon	47 10	2 6	82	dicembre 1788	— 23 8
Bourges	47 5	0 4	156	gennajo 1789	— 23 0
Pontarlier	46 54	4 1	838	31 dicembre 1788	— 23 8
				14 dicembre 1846	— 31 3
Lons-le-Saunier . .	46 40	3 13	258	31 dicembre 1788	— 24 0
				16 gennajo 1838	— 24 5

Luoghi	Latitudine	Longitudine	Altitudine	Date	Massimo
Poitiers	46°,35	1°,60	118m	dicembre 1788	— 20°,0
Moulins	46 34	1 0	227	31 dicembre 1788	— 22 6
				22 dicembre 1870	— 25 0
Vichy	46 12	1 0	259	9 dicembre 1871	— 27 0
Roanne	46 2	1 44	286	31 dicembre 1788	— 20 6
Limoges	45 50	1 5	287	dicembre 1788	— 23 7
Lione	45 46	2 29	295	31 dicembre 1788	— 21 9
				16 gennajo 1838	— 20 0
Gran Certosa . . .	45 48	3 23	2030	30 dicembre 1788	— 26 3
Grenoble	45 11	3 24	213	febbrajo 1776	— 21 6
Périgueux	45 11	1 36	98	dicembre 1870	— 23 0
Puy en Velay . . .	45 3	1 33	650	dicembre 1870	— 25 5
Aurillac	44 56	0 6	622	27 dicembre 1829	— 25 5

I freddi più intensi che verificaronsi fino ad oggi sono di 31°,3 per la Francia; 20°,6 per le Isole Britanniche: 24°,4 per l'Olanda ed il Belgio; 55° per la Danimarca, la Svezia e la Norvegia; 43°,7 per la Russia; 35°,6 per la Germania; 16°,8 per l'Italia; 12° per la Spagna ed il Portogallo. Quanto agli altri paesi che non appartengono all'Europa, ci vorrebbero osservazioni più numerose perchè fosse fattibile il dare con certezza i maggiori gradi di freddo che vi si ponno provare. — Tuttavia è certo che a Fort-Réliance, nell'America inglese, fu sentito un freddo di 56°,7, e presso Semipalatinsk un freddo di 58°. Nel gennajo del 1838, a Jakutsk, il freddo fu di 60°. Il mercurio si congela a — 40°. Vi sono dei punti abitati sul globo ov'esso mantiensi in tale stato parecchi mesi dell'anno (per esempio l'isola Melville). Il capitano Parry afferma però che un uomo ben coperto da buoni abiti può passeggiare senza inconvenienti all'aria libera a 48° sotto zero, se non c'è del vento; nel caso opposto, la pelle è rapidamente bruciata. Il mercurio gelato ha l'aspetto del piombo; ma è meno duro, più fragile e di minor coesione. Al tatto, brucia come ferro rovente. Si possono foggiare piccole statuette che si fondono quando la temperatura scende sotto — 40°.

Tali sono i maggiori freddi provati. Se badasi agli eccessivi calori indicati nel capitolo precedente (75° alla superficie del suolo africano), conchiudesi che gli estremi di temperatura su questo globo possono giungere ad una scala di 135 gradi!

Nel capitolo seguente spiegheremo la teoria dei climi nel carattere generale, la distribuzione del calore alla superficie del globo, e ne dedurremo tanto lo strato medio come gli estremi di temperatura osservati sui diversi punti del pianeta.

L'occupazione più aggradevole cui l'uomo possa dedicarsi è certamente *lo studio della natura*. Il lavoro manuale ha bisogno d'un complemento, l'attività dell'intelligenza; tale complemento non può essere

meglio offerto che dallo studio della natura. La politica che fino ad ora non è stata se non un tessuto d'inganni scambievoli e di delitti, non è degna della contemplazione dell'anima, e non diverrà una scienza che allorquando gli uomini possederanno le nozioni elementari della realtà naturale, sapranno ciò che essi sono, qual pianeta abitano, e conosceranno di aver gli occhî chiusi dalla brutale ignoranza nella quale ancora giacciono. La storia può fissare l'attenzione dell'uomo; ma essa esiste appena, consiste soltanto finora in una serie di guerre rinascenti, e non è che una ruga sulla superficie dell'oceano delle età. Ciò che può legittimamente ed utilmente occupare gl'istanti preziosi della nostra mente libera è il grande, il vero studio della natura, fonte inesauribile di commozioni pure, e di cui ogni ramo offre alla nostra intelligenza un alimento delizioso e salutare.

Tra i diversi rami dello studio della natura, la meteorologia rimarrà sempre quella di cui piglieremo parte più facilmente e più costantemente: poichè è dall'atmosfera che dipendono le circostanze della nostra vita fisica e della sua conservazione. Il meteorista, l'amico della natura, che ha imparato a conoscere, come noi tentiamo di farlo in questo libro, l'insieme delle leggi che reggono quaggiù la circolazione della vita, trova ogni giorno un nuovo argomento d'interesse nell'osservazione del tempo. Non soltanto i fenomeni generali delle stagioni sono per lui omai uno spettacolo ragionato e luminoso; non soltanto egli vede attraversare le nubi, le tempeste, gli uragani, quali sono le forze che reggono i fili di questo movimento perpetuo; ma anche le variazioni quotidiani della temperatura e i fatti più comuni tengono costantemente sveglia la sua attenzione, nè gli arrecano fatica. È una gran bella cosa *sapere* dove si è in questo grande universo, sentirsi in casa propria, conoscerla bene, e menare una vita intellettuale invece di rimanere nel fondo oscuro nel quale la massa dell'umanità trascina il proprio immenso guscio.

Aggiungerò anzi che colui che s'interessa così scientificamente nell'osservazione della natura si mette al disopra delle sensazioni fisiche che sono per altri cause di sofferenze. Trova costante allettamento in tutto, e quando gli estremi della temperatura si manifestano, egli constata con piacere questi stessi estremi. Ne' maggiori calori dell'estate, il meteorista non *ha mai caldo abbastanza,* poichè, fosse pure il termometro a 100°, vorrebbe vederlo a 101° per la curiosità dell'eccezione. Nelle temperature più glaciali, non *ha mai freddo abbastanza,* poichè se il termometro è sceso fino a 30°, egli sarebbe ancor più soddisfatto di veder gelato il mercurio. Così, è sempre felice.

CAPITOLO VII.

I climi.

DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA SUL GLOBO. — LINEE ISOTERMICHE.

L' equatore — I tropici — Le regioni temperate — I poli
I climi della Francia.

Se sovra un globo si tracciano due linee parallele all'equatore, situate in ciascun emisfero a 23° 28' di latitudine, segnansi due circoli fra i quali vedesi passare il sole allo zenit in certe epoche dell'anno: sono i *tropici*. Quello dell'emisfero boreale è chiamato tropico del Cancro perchè, al solstizio d'estate, il sole passa al suo zenit e trovasi nel segno zodiacale del Cancro. Quello dell'emisfero australe si chiama tropico del Capricorno, perchè il sole passa al suo zenit, nel solstizio d'inverno, nel segno zodiacale del Capricorno. La zona racchiusa tra questi circoli è la più calda del globo, poichè comprende i luoghi sui quali il sole si inalza alla maggior altezza; essa prende il nome di zona torrida o intertropicale.

Fig. 129. — Polo australe.

Se in questo stesso globo terrestre si tracciano due altri circoli, lontani dal polo 23° 28', cioè a 66° 32' dall'equatore, segnansi i punti sotto i quali il sole può restare per più giorni, e sopra cui rimane alla sua elevazione minima; sono i circoli *polari*. Durante una metà dell'anno, il sole si alza a spirale sopra di essi, fino all'altezza di 23° 28', e durante l'altra metà di abbassa nella stessa misura.

Tra queste due zone è la *zona temperata*, per la quale il sole si alza e tramonta ogni giorno, senza mai salire fino allo zenit, raggiungendo un'altezza crescente e con una durata di giorni sempre più lunga pel nostro emisfero, dal solstizio di dicembre al solstizio di giugno, ai quali corrisponde un andamento inverso per l'altro emisfero.

Le due zone glaciali formano i 0,082 della superficie della terra; le due zone temperate rappresentano insieme i 0,520; infine la zona torrida, composta delle due regioni comprese fra i tropici e l'equatore, sta alla superficie intiera del nostro pianeta come 0,398 sta a 1.

La durata dei giorni più lunghi e dei giorni più brevi, sotto le diverse latitudini del nostro emisfero, dall'equatore fino ai circoli polari, ci dà la successione seguente:

Latitudini.	Esempi.	Durata del giorno più lungo.	Durata del giorno più breve.
0°	(Quito)	12°, 0m	12°, 0
5	(Bogota)	12 17	11 43
10	(Gondar, Madras)	12 35	11 25
15	(San Luigi)	12 53	11 7
20	(Messico-Bombay)	12 13	10 47
25	(Canton)	13 34	10 26
30	(Il Cairo)	13 56	10 4
35	(Algeri)	14 22	9 38
40	(Madrid, Napoli)	14 51	9 9
45	(Bordeaux, Torino)	15 26	8 34
50	(Dieppe, Francoforte)	16 9	7 51
55	(Edimburgo, Copenaghen)	17 7	6 53
60	(Pietroburgo, Cristiania)	18 30	5 30
60	(Arcangelo)	21 9	2 51
66°,32	(Circolo polare)	24 0	0 0

Lo stesso verificasi, naturalmente, nell'emisfero australe. Oltre i circoli polari, la durata del giorno varia da 0 a 24 ore nella porzione dell'anno durante la quale si alza o tramonta. Il numero dei giorni in cui l'astro radioso se ne sta costantemente al disopra o costantemente al di sotto dell'orizzonte sotto le diverse latitudini, da 66° 32' fino a 90°, è dato dal quadro seguente, ove è ricordato essere i fenomeni inversi nelle due zone glaciali:

Latitudini	Il sole non tramonta nell'emisfero boreale, non sorge nell'emisfero australe per circa:	Il sole non sorge nell'emisfero australe, non tramonta nell'emisfero boreale per circa:
66°,32	1°	1°
70	65	60
75	103	97
80	134	127
85	161	153
90	181	179

In questa teoria dei climi abbiamo supposto il Sole ridotto al suo centro; abbiamo inoltre trascurato i fenomeni dell'aurora e del crepuscolo, prodotti dalla rifrazione della luce e del calore. Siccome il diametro dell'astro è di 32', bisognerebbe arretrare di 16' la latitudine ov'esso scomparirebbe interamente. Di più, siccome la rifrazione lo alza a 33' all'orizzonte, bisognerebbe anche sottrarre da queste quantità i circoli polari assoluti. Infine la notte non è intiera che allorquando il sole è abbassato di 18° sotto l'orizzonte; ci sarebbe dunque ancora da tener conto di questa circostanza, da cui risulta che, verso i poli, il giorno assoluto cessa assai raramente, e che la notte completa vi è quasi sconosciuta.

Le stagioni sono inverse nei due emisferi, come abbiamo detto; d'altra parte esse non sono altro che gl'intervalli di tempo impiegati dalla Terra nel percorrere le quattro parti della sua orbita comprese tra gli equinozî ed i solstizî. A motivo dell'eccentricità dell'orbita terrestre, e mercè la legge delle arie, le durate delle stagioni sono ineguali; esse sono rappresentate dai numeri seguenti, che dimostrano come il Sole stia, ogni anno, circa otto giorni di più nel nostro emisfero boreale che nell'emisfero australe:

	Giorni	Ore	Minuti
Autunno (22 settembre-21 dicembre)	89	18	35
Inverno (21 dicembre-21 marzo)	89	0	2
Soggiorno del Sole nell'emisfero australe	178	18	37
Primavera (21 marzo-21 giugno)	92	20	50
Estate (21 giugno-21 settembre)	93	14	13
Soggiorno del Sole nell'emisfero boreale	185	34	63

Attualmente, essendo il Sole l'unica fonte di calore per la superficie della terra, ne risulta che i paesi più caldi sono quelli sovra i quali si ferma più a lungo e dardeggia i suoi raggi nella direzione più vicina alla verticale: cioè la regioni situate lungo l'equatore e da ogni lato fino ai tropici. E però queste regioni calde sono designate sotto il nome generico di zona torrida. Mano mano che ci avviciniamo ai poli, vediamo che il sole elevasi a minor altezza, e che, durante sei mesi, le notti sono più lunghe dei giorni: sono le regioni temperate, dove le stagioni offronomolto maggior varietà nei prodotti della natura, ma dove la media della temperatura annuale va costantemente scemando, secondo la diminuzione dell'altezza apparente del sole a mezzodì. Infine, oltrepassato che si abbia il 66° di latitudine, entrasi nella calotta polare glaciale, sulla quale il sole elevasi appena bastevolmente nei giorni più belli per fondere i ghiacci eterni di quelle tristi e silenziose regioni.

Non ho bisogno di dire a' miei lettori che il polo *sud* è freddo come il polo *nord*, a malgrado dell' idea che a questa direzione si annette pel nostro emisfero. Vedonsi inoltre alcuni poeti viaggiare dal polo *ardente* fino al polo *ghiacciato;* ma tali metafore più non dovrebbero esser lecite col progresso delle scienze. L'equatore è al mezzodì del nostro emisfero e i venti che vengono di là sono caldi. L'equatore è al settentrione dell'altro emisfero ed i venti che gli giungono sono caldi parimenti, quantunque spirino da settentrione. Tanto per l'orientazione meteorologica, quanto per le stagioni, gli abitanti dell'Australia, del capo di Buona Speranza, del capo Horn, di Buenos Aires e di Santiago sentono e parlano all'opposto di noi.

Essendo la latitudine, vale a dire l'angolo sotto il quale i raggi del sole giungono alla superficie del suolo, la gran causa del succedersi dei climi dell'equatore ai poli, la diminuzione sarebbe progressiva e regolare se la Terra fosse un globo perfettamente regolare, invece di essere diviso in terre ed acque, e attraversato da montagne, da altipiani e da valli. La quantità di calore valutata, per esempio, a 1000 sotto l'equatore, andrebbe regolarmente decrescendo, sarebbe segnata da 922 sotto l'un tropico e l'altro, da 720 alla latitudine di Parigi, e da 500 sotto il circolo polare. Ma la Terra non è una sfera liscia e tranquilla, perchè vi succedono continue rivoluzioni più o meno armoniche.

Vedremo nel libro IV di quest'opera che l'atmosfera è in uno stato perpetuo di circolazione, e che vi sono venti generali che solcano periodicamente le diverse contrade del globo. Tali correnti regolari modificano la distribuzione normale dei climi. Così i venti alisei, che stabiliscono una doppia corrente fra l'equatore e i poli, temperano ad un tempo il freddo delle latitudini elevate su cui passano e il calore delle regioni tropicali, riscaldano le prime e rinfrescano le seconde.

Un'altra causa s'aggiunge alla citata, per variare la temperatura lungo gli stessi circoli di latitudine. Il globo terraqueo è diviso in oceani e continenti. L'acqua ha una capacità maggiore della terra pel calore: ne risulta che il mare è più freddo della terra in estate, e più caldo in inverno. I venti che vengono dal mare impediscono alle rive di essere così fredde come le terre dell'interno. Soffiando più spesso il vento di S. O., le coste occidentali della Spagna, della Francia, della Scozia e della Norvegia sono più calde dei paesi dell'interno delle terre ad uguale latitudine. La grande corrente marina del Gulf-Stream, della quale parleremo, s'aggiunge a questa modificazione per aumentarla.

L'acqua si riscalda meno alla sua superficie che non le materie terrose, perchè queste hanno un calore specifico di molto inferiore a quello dell'acqua. In guisa che la quantità di calore solare necessaria per ele-

vare la loro temperatura di 10°, per esempio, è molto meno considerevole di quella che può alzare dello stesso numero di gradi la temperatura di uno stato liquido.

Dobbiamo inoltre osservare come i raggi solari che vengono assorbiti da un sottilissimo strato terrestre, penetrino in parte nell'acqua a profondità considerevole; che in mare specialmente, essi non ispengonsi affatto se non dopo di aver attraversato profondità di un centinajo di metri, di modo che il calore proveniente dall'assorbimento, invece di concentrarsi alla superficie, estendesi in una gran massa d'acqua, e di tanto minore dev'essere quanto più considerevole è questa massa.

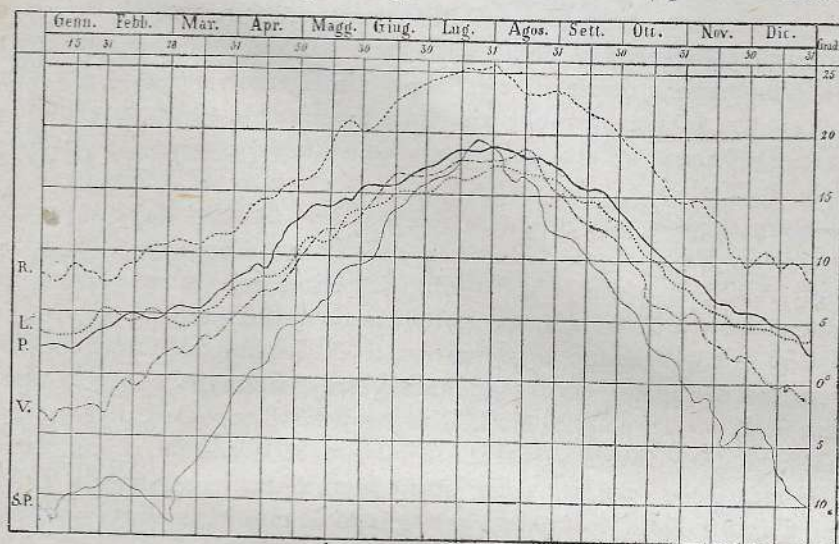



Fig. 130. — Temperature comparative delle capitali dell'Europa.

L'evaporazione, cagione intensissima di freddo, come l'abbiamo veduto, è altrettanto forte quanto più questo fenomeno esercitasi su vasta scala. Ora, dove il liquido può evaporare continuamente, esiste una causa di raffreddamento che non si trova affatto o che non si riscontra allo stesso grado sulla terraferma.

Risulta da queste tre cause (calore specifico, diatermaneità, evaporazione), che l'acqua e l'atmosfera in contatto con essa devono esser meno calde in estate delle porzioni continentali dei terreni similmente situati.

D'inverno, all'opposto, esse sono più calde, come è facile comprenderlo.

Già l'abbiamo detto, le molecole superficiali, raffreddate pel loro irradiamento verso le regioni fredde dello spazio, precipitansi al fondo a motivo del loro eccesso di peso specifico (cap III); per conseguenza, la superficie del mare deve conservar una temperatura superiore a quella

che presenta la superficie dei continenti, poichè quivi le molecole superficiali raffreddate non s' internano nel terreno.

Tali consegnenze, dedotte da un esame minuzioso del modo d'azione dei raggi solari sovra una superficie liquida e sovra una superficie continentale, sono confermate dalle osservazioni.

A Bordeaux la temperatura media dell' inverno è di 6° 1, mentre, sotto la latitudine di questa città, la temperatura dell' oceano Atlantico non s' abbassa mai sotto 10°,7.

A 50° non si è mai trovato l' oceano sotto 9°.

Il complesso delle osservazioni che sono state raccolte dimostrerà che, nell' emisfero settentrionale e nella zona temperata, la temperatura media di un isolotto situato in mezzo all' oceano Atlantico sarebbe più elevata della temperatura media di un luogo similmente situato sulla terraferma, e che vi si troverebbe un' estate meno calda ed un inverno meno freddo. Differenze siffatte sono state constatate in ispecial modo all' isola di Madera.

Il mare serve a pareggiare le temperature. Donde una importante opposizione fra il clima delle isole e delle coste speciale a tutti i continenti ricchi di penisole e di golfi, e il clima dell' interno d' una gran massa compatta di terraferma. Nell' interno dell'Asia, Tobolsk, Bernaul sull' Obi, Irkutsk hanno le stesse estati di Berlino, Münster e Cherbourg, ma a queste estati seguono inverni, la cui spaventevole temperatura è di — 18 a — 20 gradi. Nei mesi d' estate vedesi il termometro mantenersi per intere settimane a 30 e a 31 gradi. A buon diritto, questi *climi continentali* sono stati denominati *eccessivi* da Buffon, e gli abitanti delle contrade ove regnano i climi eccessivi sembrano condannati, come le anime del Purgatorio di Dante: *A soffrir tormenti, caldi e geli.*

Il clima dell' Irlanda, delle isole di Jersey e Guernesey, della penisola di Bretagna, delle coste di Normandia e dell' Inghilterra meridionale, paesi dai dolci inverni, dalle estati fresche e nebulose, contrasta assai col clima *continentale* dell' interno dell' Europa orientale. Al nord-est dell'Irlanda (55° 56'), alla stessa latitudine di Kœnigsberg in Prussia, il mirto cresce all' aperta campagna come in Portogallo. La temperatura del mese d' agosto giunge a 23 gradi in Ungheria; è a 16 gradi di più a Dublino (sulla stessa linea isotermica media di 9°,1/2). La temperatura dell' inverno è di 2°,4 a Buda; a Dublino, dove la temperatura annuale non è che di 9°,5, quella dell' inverno è ancora di 4°,3 sopra il gelo; è 2 gradi di più che a Milano, a Pavia e in tutta la Lombardia, ove il calore medio dell' anno è 12°,7. Alle Orcadi (Stromnes), un po' al sud di Stoccolma (la differenza di latitudine non è di mezzo grado), la temperatura media dell' inverno è di 4 gradi, cioè più elevata che non a Parigi e a Londra. Di più, le acque interne non

gelano mai alle isole Feroe, da 62 gradi di latitudine poste sotto la dolce influenza del vento di ponente e del mare. Sulle vaghe coste di Devonshire, altro de' cui porti è stato sovrannominato il Montpellier del nord, a cagione della dolcezza del clima, fu veduto fiorire alla libera l'*agave* messicana, e portar frutti gli aranci a spalliera, quantunque fossero appena riparati da alcune stuoje. Quivi, come a Penzance, come a Gosport ed a Cherbourg, la temperatura media dell' inverno è di 5°,5: essa non è dunque inferiore a quelle di Montepellier e di Firenze che di 1°,3.

La media temperatnra annua di Londra, in seguito a 50 anni d'osservazioni quotidiane (1814-1863), è di 9°,4. La temperatura media dell'estate è di 15°,9 e quella dell' inverno di 3°,6. L' inverno è dunque più caldo a Londra che a Parigi e l'estate più freddo, come la media annuale.

Quantunque Cherbourg sia ad un grado di latitudine più al nord di Parigi, la sua temperatura media è più elevata; è di 11°,3, mentre quella di Parigi è soltanto di 10°,7. La differenza è maggiore assai tra i climi d' inverno delle due città, poichè la media dell' inverno è di 6°,5 a Cherbourg, e di 3°,2 a Parigi. All'opposto il mare abbassa in estate la temperatura di Cherbourg e di tutte le sue coste al disotto di quelle di Parigi. Ond'è che vi si vedono fichi, lauri, mirti che morirebbero nei dintorni di Parigi. L'enorme fico che vedesi a Roscoff in Bretagna gareggia con quelli di Smirne.

A sufficienza dimostrano questi confronti in quante maniere una stessa temperatura media annuale possa ripartirsi tra le diverse stagioni, e quanta sia l'influenza che questi diversi modi di distribuzione del calore nel corso dell' anno esercitano sulla vegetazione, l' agricoltura, la maturanza dei frutti ed il bene materiale dell'uomo.

Gli stessi rapporti di climi che si osservano fra le pianure di Bretagna ed il resto della Francia, la cui massa è più compatta, le cui estati sono più calde e gl' inverni più rigidi, si riproducono fino ad un certo punto tra l' Europa ed il continente asiatico, del quale l' Europa forma la penisola occidentale. L'Europa deve la dolcezza del clima alla sua configurazione molto articolata, all'Oceano che bagna le coste occidentali dell'antico mondo, al mare libero di ghiaccio che la separa dalle regioni polari, e sopratutto all'esistenza ed alla situazione geografica del continente africano, le cui regioni intertropicali irradiano abbondantemente e provocano l'ascensione d'una immensa corrente d'aria calda, mentre le regioni situate al sud dell'Asia sono in gran parte oceaniche. L'Europa diventerebbe più fredda se l'Africa fosse sommersa, e se la favolosa Atlantide, uscendo dal seno dell'Oceano, venisse a congiungere l'Europa con l'America, se le calde acque del Gulf-Stream non si versassero nei mari del nord, o se una nuova terra sollevata dalle forze vulcaniche si ponesse fra la penisola della Scandinavia e lo Spitz berg. Mano mano che ci avanziamo da ponente ad oriente, percorrendo

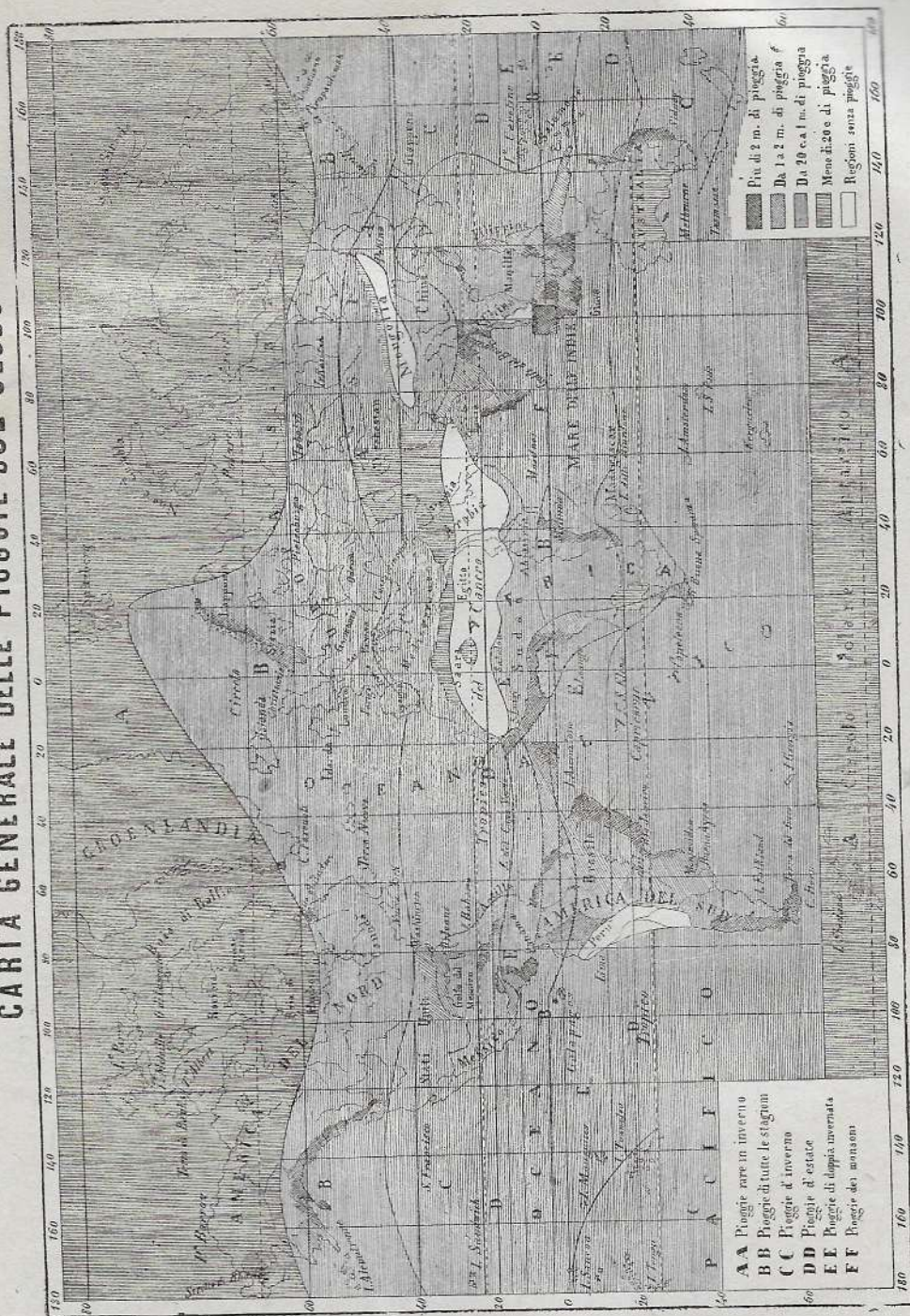
sovra uno stesso parallelo di latitudine la Francia, l'Alemagna, la Polonia, la Russia, fino alla catena dei monti Urali, vediamo che le temperature medie dell' anno seguono una media decrescente. Ma parimenti più ci inoltriamo nell' interno, la forma del continente si fa ognor meglio compatta, aumenta la sua larghezza, l'influenza del mare diminuisce, quella dei venti di ponente diventa meno sensibile, quivi è che vuolsi ricercare la cagione precipua del progressivo abbassamento della temperatura.

La temperatura media dell'equatore è di 27°,0. In ragione delle cause da noi or ora specificate e della mancanza di vegetazione, quella dell' interno dell'Africa è di 30 gradi per un termometro posto all'ombra e riparato dal vento caldo; ma vi sono punti dove l'azione dei venti caldissimi e la rarezza delle nubi si combinano per condensare un calore intollerabile. Ond'è che nell'interno dell'Abissinia e nelle vicinanze del mar Rosso non sono rare in estate le temperature fra i 48 gradi e i 50 all'ombra. Quella del suolo è molto più elevata. Durante il pomeriggio, le valli abissine sono vere fornaci; il signor d'Abbadie ha osservato 70 gradi sul suolo, e i due arrischiati colonnelli di stato maggiore, Ferret e Galinier, ne hanno constatato fino 75. L'aria è stagnante in mezzo a tutto il calore riverberato: la più leggiera brezza non viene a rinfrescare l' inferno terrestre. L'aria è spesso mefitica in fondo a quelle gole; guai a colui che vi si riposa prima o dopo della stagione delle pioggie!

Allora non si può viaggiare che di notte, e si percorrono pianure assolutamente brulle.

Diverse cause influiscono dunque, come si vede, sul clima delle varie contrade del globo, e ingannerebbesi a partito chi calcolasse unicamente sulla distanza dell'equatore per valutare la decrescenza della temperatura avanzandosi verso il polo. Abbiamo detto che la temperatura media dell'equatore è di 27°,5; la temperatura media di Parigi è di 10°,7; la temperatura media di — 15° è stata constatata lungo il circolo polare e più oltre.

Per determinare un quadro fedele della distribuzione della temperatura sulla superficie della Terra, Alessandro Humboldt ha imaginato di segnare sovra un mappamondo tutti i punti ove sono state fatte diligenti osservazioni termometriche, di notarvi i gradi osservati, poi di tracciare delle linee che passino rispettivamente da tutti i punti nei quali si ha la stessa temperatura media. Egli ha designato queste linee col nome d'*isotermiche* (*isos* e *thèrmos*) calore. Da cinquant'anni che è stato inventato tal ingegnoso metodo, si sono moltiplicate le osservazioni e perfezionate le carte. Il planisfero raffigurato nel disegno a pag. 381 riproduce queste linee curiose, quali si conoscono in oggi: se si esaminano attentamente, meglio che da qualsiasi descrizione apparirà evidente la distribuzione della temperatura sulla Terra.

CARTA GENERALE DELLE PIOGGIE SUL GLOBO

Vediamo le linee della temperatura uguali inalzarsi lungo le coste occidentali d'Europa. Se, per esempio, osserviamo in particolar modo la linea di 10 gradi, vediamo ch'essa tocca il 40° grado di latitudine al sud-ovest di Nuova York, che inalzasi fin verso il 55° grado avvicinandosi all'Inghilterra, in guisa che Dublino e Londra hanno la stessa temperatura media di Nuova York, quantunque situate molto più a settentrione; la stessa temperatura ridiscende in Vienna, Astrakan e Pekino, e scendendo financo al disotto del 40° parallelo.

La linea del maggiore calore, chiamata equatore termico, tiensi quasi ovunque al nord dell'equatore; la sua temperatura varia secondo i luoghi da 27° a 30°. Verso le regioni polari, la temperatura dei varî luoghi decresce fino alla curva di — 17°, appena tracciata a motivo della difficoltà dei viaggi d'osservazione in quelle inospite contrade.

A malgrado di queste grandi differenze, la temperatura media decresce presso a poco uniformemente, in ragione di mezzo grado del termometro per ogni grado di latitudine. Ma siccome, d'altra parte, il calore scema di 1° quando l'altezza aumenta di 156 o 170 metri, ne risulta che 78 od 85 metri d'elevazione sopra il livello del mare producono lo stesso effetto sulla temperatura annuale d'uno spostamento verso il nord di 1° di latitudine. Così, la temperatura media annuale del convento del monte San Bernardo, situato a 2491 metri d'altezza, a 45° 50′ di latitudine, riscontrasi nella pianura alla latitudine di 75° 50′.

Studiando la distribuzione del calore e la superficie del globo, e tracciando il sistema delle linee isotermiche, Humboldt ha messo in evidenza le cause che inalzano la temperatura di un luogo e quelle che l'abbassano.

Le cause che aumentano la temperatura media sono:

La prossimità dell'oceano all'ovest nella zona temperata;

La configurazione particolare dei continenti frastagliati in numerose penisole;

I mediterranei ed i golfi che penetrano profondamente nelle terre;

L'orientazione, cioè la posizione della terra relativamente ad un mare libero di ghiacci, che stendesi al di là del circolo polare, o per rapporto ad un continente di estensione considerevole situato sullo stesso meridiano, all' equatore, o quanto meno all'interno della zona tropicale;

La direzione sud-ovest dei venti dominanti, se si tratta del margine occidentale d'un continente situato nella zona temperata, le catene di montagne che servono di riparo contro i venti che soffiano dalle contrade più fredde;

La rarezza delle paludi, la cui superficie resta coperta di ghiaccio alla primavera e fino al principio dell'estate.

La mancanza delle foreste sovra un suolo secco e sabbioso: la serenità costante del cielo nei mesi d'estate; infine la prossimità di una corrente marittima, se questa corrente reca acque più calde di quelle del vicino mare.

Le cause che abbassano la temperatura media sono:

L'altezza sopra il livello del mare di una regione che non presenta altipiani considerevoli;

La lontananza del mare nella direzione dell'ovest e del sud pel nostro emisfero;

La configurazione compatta di un continente le cui coste non hanno golfi;

Una grande estensione delle terre verso il polo e fino alla regione dei ghiacci eterni, a meno che non vi sia fra la terra e questa regione un mare costantemente libero durante l'inverno;

Tal posizione geografica che le regioni tropicali della stessa longitudine siano occupate dal mare; in altre parole, la mancanza di qualsiasi terra tropicale sul meridiano del paese di cui vogliasi studiare il clima;

Una catena di montagne che per la configurazione o la direzione sia d'impaccio ai venti caldi, oppure la vicinanza di picchi isolati, a cagione delle correnti d'aria fredda che scendono lungo i loro versanti;

Foreste estesissime; esse impediscono ai raggi solari di agire sul suolo: le foglie provocano l'evaporazione di grande quantità d'acqua in virtù della loro attività organica, ed aumentano la superficie che può raffreddarsi in via d'irradiamento. Le foreste agiscono dunque in tre modi: coll'ombra, colla evaporazione, coll'irradiamento;

Le numerose paludi che formano nel nord, fin nel cuore dell'estate, vere ghiacciaje in mezzo alle pianure;

Un cielo d'estate nebbioso, perchè intercetta parte dei raggi del sole:

Un cielo d'inverno purissimo, perchè un cielo simile favorisce l'irradiamento del calore.

Alle condizioni generali dei climi è necessario aggiungere l' influenza che locali circostanze possono esercitare sullo stato della temperatura osservata. È molto più difficile che comunemente non lo si supponga il conoscere la temperatura esatta d'un luogo qualunque della superficie del globo e sovratutto d'un luogo abitato, perchè dieci termometri identici e ben confrontati non segneranno lo stesso punto nello stesso momento in dieci vie diverse d'una stessa città. L'osservazione principale che possiamo far qui, è che a cagione dell' irradiamento delle dimore abitate e degli ostacoli opposti ad un' agglomerazione di case alla circolazione dell' aria, la temperatura delle grandi città è sempre meno sentita e superiore a quella della campagna circostante. Howard ha dimostrato che la temperatura media di Londra supera di 1° centig. quella di tutti i dintorni. I termometri dell'Osservatorio di Parigi sono meno elevati di quelli dell' interno della città, e più di quelli situati all'aria aperta, nel campo d'osservazione dell'Osservatorio meteorologico di Montsouris. Ognuno ha potuto notare che fa più freddo in estate e più caldo d'inverno nelle strette viuzze di Parigi vecchio che non sulla

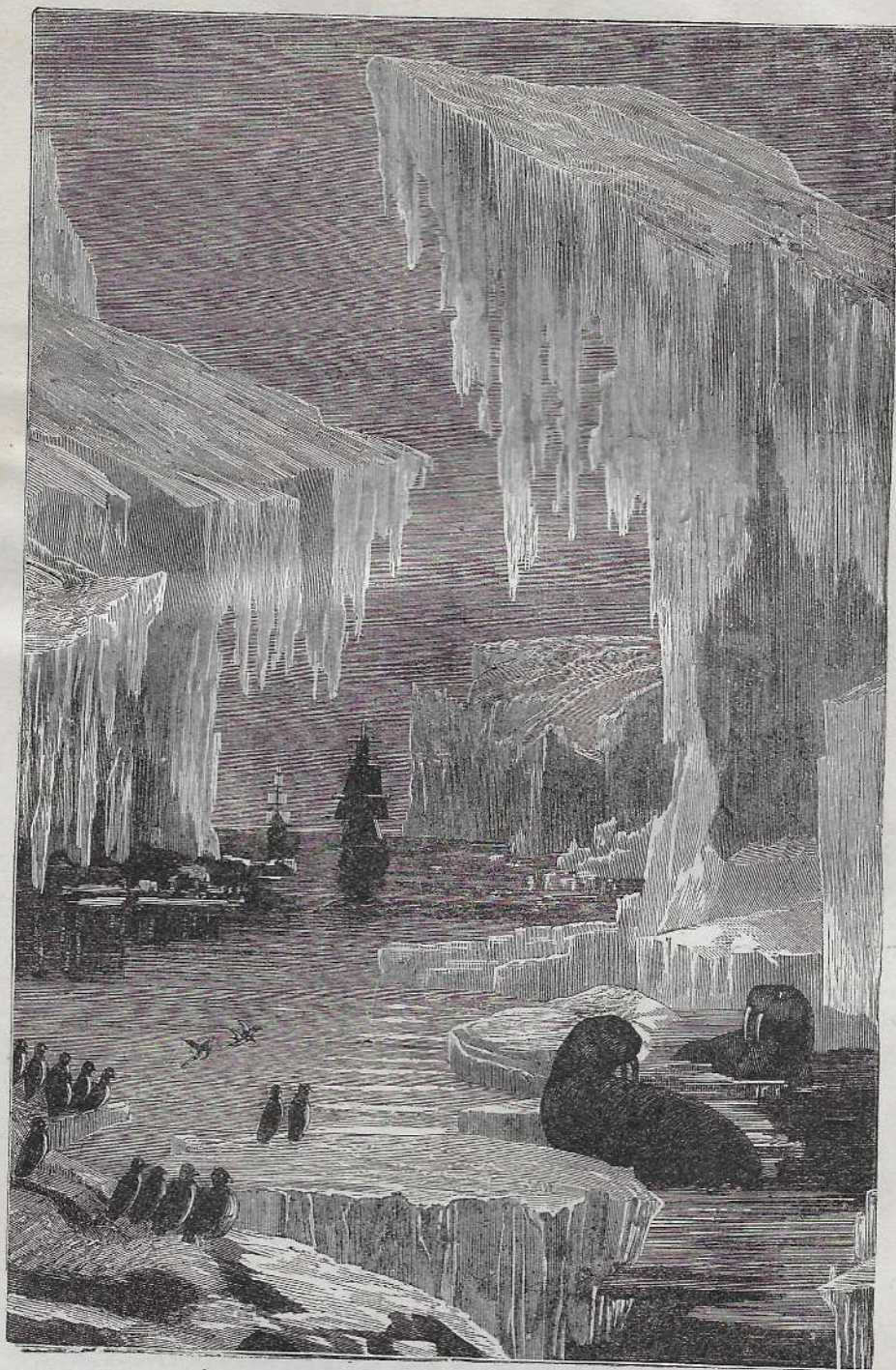



Fig. 132. — Ghiacci dei poli.

piazza e sui larghi *boulevards* moderni. La differenza giunge spesso a parecchî gradi.

In aperta campagna, alla stessa latitudine ed alla stessa esposizione, la temperatura differisce secondo la vicinanza dei boschi. Questi agiscono sopra la temperatura dell'aria. La temperatura media dell'aria ne' boschi è inferiore a quella del difuori. Le massime medie fuori del bosco sono più elevate di quelle nel bosco. La temperatura media dell'estate è superiore fuori del bosco a quella dell'interno del bosco. Secondo i Becquerel tali fatti risultano da più di quattordicimila esperienze da essi compiute in questi ultimi anni.

Le ore delle massime e delle minime non sono le stesse nell'interno degli alberi (anche isolati) come nell' aria. Esse variano secondo la specie ed il diametro degli alberi; nelle foglie le alterazioni di temperatura avvengono presso a poco come nell' aria ambiente; nei giovani rami un po' più tardi, e così di seguito fino al tronco, ove sono lentissime. Si fa qui astrazione del calore proprio degli alberi, risultante dalle diverse reazioni che si effettuano nei tessuti e di quello ch'essi pigliano dai liquidi assorbiti dalle radici, attesochè sono deboli, confrontati con quelli che provengono dall'irradiazione solare o dall'irradiamento notturno, come lo provano i massimi od i minimi di temperatura, in rapporto con quelli dell'aria, quantunque ad ore diverse. Questo calore proprio degli alberi ha una parte importante d'inverno, coll'impedire un abbassamento che sarebbe loro fatale. In un albero di 5 o 6 dm. di diametro, il massimo di temperatura verificasi in estate, verso le 10 o le 11 pom., e d'inverno verso le 6, mentre nell'aria si mostra, secondo la stagione, fra le 2 ore e le 3; da questa differenza fra le ore dei massimi risulta, come lo ha provato l'osservazione, che la temperatura può abbassarsi nell'aria per una causa qualunque, come il passaggio d'una nube, un cambiamento nella direzione del vento, ecc., ed elevarsi nell' interno degli alberi, per effetto del calore acquistato dagli strati esterni, il quale è trasmesso lentamente agl'interni, a cagione della loro cattiva conducibilità (1).

---

(1) L'abbondanza delle foreste e l'umidità tendono ad abbassare la temperatura, mentre il diboscamento e l'aridità producono l'effetto opposto; la differenza s'inalza talvolta a 2° per la temperatura media dell' anno.

La conclusione delle numerose osservazioni fatte da parecchî anni dai signori Becquerel, nel Loiret, è stata da essi riassunta all'Accademia delle scienze, nei seguenti termini:

1° In estate le temperature medie dell'aria fuori del bosco sono superiori a quelle del bosco;

2° D'inverno avviene l'opposto;

3° La differenza fra la temperatura media annuale dell'aria a parecchî chilometri dal bosco e quella del bosco s'eleva presso a poco a 1|2 grado.

Essendo le temperature medie dell'aria, in estate, più alte circa 1°,2 fuori del bosco di quelle nel bosco e siccome gli effetti sono opposti, ne risulta che il clima nel bosco è un po' meno estremo di quello del di fuori; esso ha quindi il carattere dei climi marini sotto il rapporto soltanto della temperatura. Epperò le due flore deggiono presentare alcune differenze.

Le condizioni locali modificano dunque più o meno il grande schizzo dei climi che dianzi abbiamo tracciato. La maggiore azione locale è sempre esercitata dal rialzo del suolo. Le catene di montagne dividono la superficie terrestre in grandi bacini, in valli profonde e strette, in valli circolari. Queste valli, spesso incassate, come fra bastioni, *individualizzano* i climi locali (per esempio nella Grecia e in una parte dell'Asia minore) e li pongono in condizioni affatto speciali per rapporto al calore, all'umidità, alla trasparenza dell'aria, alla frequenza dei venti e degli uragani. Siffatta configurazione ha esercitato in ogni tempo una potente influenza sui prodotti del suolo, la scelta delle colture, i costumi, le forme di governo, e perfino sulla inimicizia delle razze vicine. Il carattere dell'*individualità geografica* raggiunge, per così dire, il suo massimo quando la configurazione del suolo, nel senso orizzontale e nel senso verticale, per quanto è possibile, è svariata. Il carattere opposto è fortemente impresso nelle steppe dell'Asia settentrionale, nelle grandi pianure erbacee del Nuovo Mondo, nelle lande da brughiere dell'Europa e nei deserti di sabbia dell'Africa.

La Francia, malgrado la varietà del suolo, o piuttosto a motivo del modo col quale sono disposti gli elementi di questa varietà, è altro dei paesi la cui popolazione è più omogenea, o, almeno, meglio collegata in tutte le sue parti...

La riunione delle terre elevate del mezzodì colle pianure del nord presenta questo carattere d'omogeneità di clima, la cui influenza da tutta la Francia è sentita, e fa sì che la nazione francese si annoveri fra le più grandi riunioni d'uomini di analoga complessione.

L'unità della Francia, per la maggior parte, da ciò dipende, che il nucleo montagnoso del mezzodì, a motivo della sua elevazione, è molto più freddo, in proporzione della sua latitudine, che non il bacino del nord; donde risulta che, tranne della Guascogna e del litorale del Mediterraneo, il suolo della Francia presenta fino ad un certo punto, in tutti i dipartimenti, la stessa temperatura media.

Le due parti del suolo della Francia, l'altura dell'Alvernia o il bacino di Parigi, quantunque l'una e l'altra circolari, presentano strutture diametralmente contrarie. In ciascuna di esse le parti sono coordinate ad un centro, ma questo centro ha in entrambe un effetto del tutto diverso.

Questi due poli del nostro suolo, se non sono situati alle due estremità di uno stesso diametro, esercitano per l'incontro, intorno ad essi, influenze esattamente opposte: l'uno è concavo e attrattivo, l'altro convesso e ripulsivo (1).

Il polo concavo, verso il quale tutto converge, è Parigi, centro di

---

(1) Elia di Beaumont. *Carta geologica della Francia.*

popolazione e di civiltà. Il Cantal, situato verso il centro della parte meridionale, bene rappresenta il polo saliente ripulsivo... Uno de' nostri due poli è diventato la capitale della Francia e del mondo incivilito; l'altro è rimasto un paese povero e quasi deserto...

Vedesi dunque che la giacitura di Parigi era stata preparata dalla natura, e che la sua parte politica non è per così dire, che una conseguenza della sua posizione.

Non è quindi nè dal caso nè dal capriccio della fortuna che Parigi ripete il suo splendore; e coloro che si sono meravigliati di non trovare la capitale della Francia a Bourges, hanno dato prova di avere studiata superficialmente soltanto la struttura del loro paese.

A tale proposito si può inoltre osservare che le circostanze geologiche, le quali fanno del luogo ov'è Parigi la naturale posizione della capitale della Francia, hanno favorito nello stesso tempo l'estensione della sua influenza in Europa. Siccome dalla parte del nord-est, la Francia non ha frontiere precisamente determinate, nulla, da questo lato, delimita completamente l'influenza di Parigi, e questa grande città riesce di fatto la capitale intellettuale di vasti paesi che si estendono da lontano verso il nord-est.

Abbiamo veduto più sopra qual sia la temperatura media annua e mensuale di Parigi, quali siano le variazioni mensuali e diurne del termometro, come la temperatura agisca diversamente sull'aria, sull'acqua e sul suolo. Coll'esame da noi testè fatto delle linee isotermiche e della distribuzione della temperatura, completiamo la esatta cognizione dei nostri climi; ciò che era importante di fare per formarci una giusta idea dell'azione del Sole alla superficie del nostro pianeta.

Dopo di avere apprezzato il complesso dei climi, e prima di giungere ai poli, in questa piccola rivista geografica, è per noi di grande interesse di formarci una esatta idea delle *differenze esterne di temperature* sviluppate alla superficie della Terra.

In nessun punto del globo, nè in nessuna stagione, un termometro posto a due o tre metri dal suolo e riparato da qualsiasi riverbero, ha raggiunto mai il 57° grado centigrado.

In alto mare la temperatura dell'aria, in qualunque luogo ed in qualunque stagione, non va oltre il 30° grado.

Il maggior grado di freddo che siasi finora osservato sul nostro globo con un termometro sospeso nell'aria è di 60° sotto zero.

Le più estreme temperature che siano state constatate nell'aria atmosferica differiscono quindi tra esse di 115 gradi.

Confrontando tra loro le temperature più estreme che siano state registrate in uno stesso punto del globo, si può redigere una tavola cu riosa di queste differenze.

Ecco una lista dei principali punti del globo ove sono state fatte osservazioni soddisfacenti. I luoghi sono indicati per ordine di latitudine decrescente:

Luoghi	Latitudine	Longitudine	Temperatura più alta osservata	Temperatura più bassa osservata	Differenza
Isola Melville	74°,47 N	113°,8	+ 15°,6	— 48°,3	63°,9
Porto Falice	70 0	94 13	+ 21 1	— 50 8	71 9
Nijni-Kolymsk	68 32	158 34	+ 22 5	— 53 0	76 4
Reikiavik	64 8	24 16	+ 20 5	— 25 0	45 5
Drontheim	63 26	8 3	+ 28 7	— 23 7	52 4
Jakustk	62 2	127 23	+ 30 0	— 60 0	90 0
Abo	60 27	19 57	+ 30 0	— 36 0	71 0
Pietroburgo	59 56	27 58	+ 31 1	— 38 8	69 9
Upsala	59 52	15 18	+ 30 0	— 31 7	61 7
Stoccolma	59 20	15 43	+ 37 5	— 33 7	71 2
Nijni-Taguilk	57 56	57 48	+ 35 0	— 51 5	86 5
Kasan	55 48	46 47	+ 36 0	— 40 0	76 0
Mosca	55 45	35 14	+ 34 5	— 43 7	78 2
Amburgo	53 33	7 38	+ 35 0	— 30 0	55 0
Berlino	52 31	11 3	+ 39 3	— 28 8	68 1
Londra	51 31	2 28	+ 35 0	— 15 0	50 0
Dresda	51 4	11 24	+ 38 8	— 32 1	70 9
Bruxelles	50 61	2 1	+ 35 0	— 21 1	56 1
Liegi	50 39	3 11	+ 37 5	— 24 4	61 9
Lilla	50 39	0 4	+ 35 6	— 18 0	53 6
Dieppe	46 49	1 12	+ 33 5	— 19 8	53 8
Rouen	49 26	10 15	+ 38 0	— 21 8	59 8
Metz	49 7	3 50	+ 38 1	— 21 3	59 4
Parigi	48 50	0 0	+ 40 0	— 23 5	63 5
Strasburgo	48 85	5 2	+ 35 9	— 26 3	62 2
Monaco (538m)	48 8	9 14	+ 35 0	— 28 8	63 8
Basilea	47 33	5 15	+ 34 0	— 37 5	71 5
Buda	47 29	16 43	+ 36 0	— 22 5	58 5
Tours	47 24	1 39	+ 38 0	— 25 0	63 0
Digione	47 19	2 42	+ 35 6	— 20 0	55 6
Québec	46 49	73 35	+ 37 5	— 40 0	77 5
Losanna (528m)	46 31	4 18	+ 35 5	— 20 0	55 0
Ginevra	46 12	3 49	+ 36 2	— 25 3	61 5
San Bernardo (2491m)	45 50	4 45	+ 19 7	— 30 2	49 9
Gran Certosa (2030m)	45 18	3 23	+ 27 5	— 26 3	53 8
Grenoble	45 11	3 34	+ 35 0	— 21 6	56 5
Torino	45 4	5 21	+ 37 6	— 17 8	55 4

Luoghi	Latitudine	Longitudine	Temperatura più alta osservata	Temperatura pia bassa osservata	Differenza
Le Puy (760m)	45°,0	1°,33	+ 34°,2	— 16°,8	54°,0
Orange	44 8	2 28	+ 41 4	— 18 0	59 4
Tolosa	43 47	0 54	+ 40 0	— 15 4	55 4
Montpellier	43 37	1 32	+ 38 6	— 18 0	56 6
Marsiglia	43 18	3 2	+ 36 9	— 17 5	54 4
Perpignano	42 42	0 34	+ 38 6	— 9 4	48 0
Roma.	41 54	10 7	+ 38 0	— 6 9	44 9
Napoli	40 51	11 55	+ 40 0	— 5 0	45 0
Pechino.	39 54	114 9	+ 43 1	— 15 6	58 7
Lisbona.	38 42	11 29	+ 38 8	— 2 7	41 5
Palermo	38 7	11 1	+ 37 7	— 0 9	39 7
Algeri	36 5	0 44	+ 37 5	— 2 5	40 0
Avana	23 9	84 43	+ 32 3	+ 7 3	25 0
Vera-Cruz	19 12	98 29	+ 35 6	+ 16 0	19 6
Quito (2908m).	0 14 S	81 5	+ 22 0	+ 6 5	16 0
Isola Borbone	20 25	53 10	+ 37 5	+ 16 0	21 5

In una vista complessiva, le differenze tra le più basse e le più alte temperature sono minori più ci allontaniamo dal polo per avvicinarci all' equatore. Le variazioni sono dovute alle inflessioni delle isotermiche

La temperatura de' corpi solidi presenta cifre molto più elevate. La sabbia sulle rive de' fiumi e del mare, è spesso, in estate, alla temperatura di 65° a 70° centigradi. A Parigi, nel 1826, nel mese d'agosto, Arago ha trovato, con un termometro disposto orizzontalmente, e il cui serbatojo era coperto soltanto d'un millimetro di terra vegetale finissima, 54 gradi. Lo stesso istrumento ricoperto di 2 millimetri di sabbia di fiume segnava appena 46 gradi. Durante questo mese, la più alta temperatura dell'aria fu di 36°,2. Il termometro Messier, esposto direttamente al sole l'8 luglio 1793, ha segnato 63°,2. Humboldt ha trovato nei *llanos* di Venezuela, che alle 2 del pomeriggio la sabbia aveva una temperatura di 55 gradi e qualche volta anche di 60 gradi; quella dell'aria all'ombra di un bambù era di 36°,2; al sole, 50 centimetri sopra il suolo, era di 41°,8. Di notte la sabbia aveva solo 28 gradi; aveva perduto più di 24 gradi.

Ultimamente, il 28 agosto 1871, a Parigi, mentre osservavo Venere tra le 2 e le 3 pom., con un sole ardentissimo, io ero stato sorpreso dalla temperatura della terrazza di zinco sulla quale tenevo i piedi. Posto un termometro a telajo metallico che segnava 22°,5 all'ombra, raggiunse la sua temperatura verso le 3 ore, e indicò 60 gradi! Vedesi quale differenza separi queste temperature degli oggetti esposti al sole da quelle a cui l'aria può giungere.

Veniamo ora ai confini dei climi, all'estremità del mondo, alle regioni ghiacciate e silenziose dei poli.

Allorchè ci avanziamo verso il circolo polare, il mare si congela ed assume un carattere affatto particolare. Pare che questo fenomeno nasca man mano che la salsedine diminuisce e il movimento di rotazione diventa meno rapido. Verso il 50° grado di latitudine s'incontrano già grossi massi di ghiaccio galleggianti sul mare. Questi pezzi sono stati staccati da qualche regione più settentrionale e trascinati dalle correnti che vanno dal polo all'equatore. A 50 gradi è cosa comune il vedere le rive del mare coprirsi di ghiaccio. A 60 gradi i golfi ed i mari interni gelano spesso su tutta la superficie. A 70 gradi i ghiacci galleggianti diventano molto numerosi e grossi. Talvolta formano vere isole che possono avere perfino mezza lega di diametro. Infine verso l'80° grado trovansi generalmente ghiacci fissi, cioè accumulati, fermi e saldati.

Queste silenziose regioni offrono un magnifico spettacolo.

I ghiacci polari sono tinti dei più vivaci colori, direbbonsi massi di pietre preziose. Vi si trova la fulgidezza del diamante e le tinte abbaglianti dello zaffiro e dello smeraldo. Questi agglomeramenti d'acqua solida formano ora vasti campi, ora elevate montagne.

I campi di ghiaccio compongono spesso pianure immense. Questi campi talvolta sono perfettamente lisci, senza crepacci, nè cavità, nè rialzi. Scoresby ne ha veduto uno galleggiante, sul quale una carrozza avrebbe potuto percorrere 35 leghe in linea retta, senza il menomo impedimento. Cook ne ha trovato un altro, stretto, che univa l'Asia all'America settentrionale.

Allorquando questi massi s'incontrano, avvengono urti spaventevoli, il cui rumore è simile a quello del tuono.

Le montagne di ghiaccio di continuo minate dal mare, cambiano di figura ad ogni istante. Si urtano, si spingono, si spezzano e si saldano fra loro.

Le montagne di ghiaccio hanno comunemente una superficie quadrata, tagliata a picco dalla parte dell'Oceano. Da lungi, esse rappresentano giganteschi frastagli bianchi che disegnansi sulla vòlta azzurra del cielo. Viste da vicino, presentano una superficie liscia o irta di cocuzzoli; direbbonsi piramidi di cristallo e di diamante, svelte colonne, guglie acuminate o edifizi bizzarri e maestosi con arcate, frontoni o capitelli. Ma tantosto siffatte piramidi si spaccano e crollano, una colonna schiacciasi e si arrotonda, una guglia si trasforma in scala, un edificio cambiasi in fungo... Spettacolo sempre imponente, in cui la incostanza delle forme rivaleggia colle varietà, e la grandezza de' massi colla bizzarria.

Pel navigatore che per la prima volta si arrischia nelle regioni polari, quello delle montagne di ghiaccio galleggianti è uno spettacolo singolare e commovente. Nel suo viaggio di scoperta del mare artico,

nel 1860, il dottor Hayes ci ha conservato la prima impressione prodotta da queste apparizioni.

« Avevamo incontrato il primo masso di ghiaccio, egli dice, la vigilia del nostro arrivo al circolo polare. All'udire il mare frangersi con furore contro la massa ancora avviluppata dalla nebbia, la vedetta fu sul punto di gridare: « Terra! » ma in breve il formidabile colosso uscì dalla nebbia; esso muoveva direttamente su noi terribile e minaccioso; onde ci affrettammo a lasciargli libero il passo. Era una piramide irregolare, di circa 300 piedi di larghezza e 150 d'altezza; la sommità stava seminascosta nella nube; ma un istante dopo, questa, d'improvviso squarciatasi, ci scoperse un picco scintillante, intorno al quale leggieri vapori attorcigliavano le loro capricciose volute. Eravi un non so che di strano assai nella superba indifferenza di quel gigante. Invano le onde prodigavangli le più pazze carezze; freddo e sordo esso passava, abbandonandole al loro eterno lamento.

Fig. 133. — Ultime abitazioni umane — Esquimesi delle regioni polari.

« Nello stretto di Davis, dovemmo passare alcune ore durissime; una volta specialmente credetti fossimo giunti al termine miserabile della nostra carriera. Noi correvamo col vento in poppa sotto la vela di trinchetto e la vela maestra, dovevamo lottare contro un'onda cattiva, allorquando la maestra di prora fu strappata; tutto cadde sul ponte, non rimase fuori un pollice di tela, tranne la vela maggiore che furiosamente sbatteva l'albero; fu miracolo che non prendessimo il largo e calassimo a fondo sull'istante; nulla avria potuto salvarci, se il timone non fosse stato tenuto da pugno vigoroso.

« Per la maggior parte dei nostri compagni la Groenlandia era ancora una specie di mito; ne seguivamo le coste da alcuni giorni; ma eccettuata l'apparizione di Disco, le nubi e la nebbia l'avevano sottratta costantemente ai nostri sguardi. Quand'ecco essa scuote il suo mantello di nubi e rizzasi a noi dinanzi nella sua austera magnificenza: larghe valli, profondi burroni, notevoli montagne, irte ed oscure roccie accrescevano la sua terribile desolazione.

« Mano mano che la nebbia inalzavasi e lentamente svolgevasi sulla superficie azzurra delle acque le montagne di ghiaccio succedevansi e sfilavano dinanzi ai navigatori come i fantastici castelli di un racconto delle fate. Dimenticando che essi viaggiavano di libera elezione in quelle regioni, pareva loro d'essere attirati da una mano invisibile nella terra degl'incanti. Le silfidi del nord, in un accesso d'allegria infantile, avevano gettato all'aria il loro magnifico velo, e pareva li conducessero all'eterna dimora degli dèi.

« Ecco il *walhalla* degli arditi re del mare, ecco la città di Freyer, il dio sole Alfheim e il soggiorno delle silfidi; Glitner dalle mura d'oro e dai tetti d'argento e Gimle il soggiorno dei beati, più brillante del Sole; e più giù, lontano assai, Himinborg, che trafora le nubi, il monte celeste ove il ponte degli dèi inalza il suo arco fino al firmamento.

« È difficile l'imaginare una scena più ricca d'impressioni solenni; impossibile il descrivere qual entusiasmo destasse nell'animo dei navigatori ogni improvviso cambiamento di quelle sorprendenti scene. »

I ghiacci che s'incontrano sulle coste dello Spitzberg e della Groenlandia hanno comunemente lo spessore di 20 o 25 piedi: formano soventi pianure immense, delle quali non iscorgonsi i confini sulla cima degli alberi della nave: chiamansi *campi di ghiaccio*. Si può valutare la loro estensione tre o quattrocento leghe quadrate.

Le ondulazioni dell'acqua, il moto dei flutti o qualche altra possente cagione spezzano un campo di ghiaccio in un istante, e lo riducono in frammenti di 100 o 200 metri quadrati. Questi frammenti separati si urtano e si disperdono, ma qualche volta sono trasportati da rapida corrente; allora, se incontrano una corrente opposta, che trascini gli enormi avanzi di un altro campo di ghiaccio, queste montagne si urtano con ispaventevole fracasso.

I massi di ghiaccio, sollevati e cullati dalle onde, ricadono gli uni sugli altri; si sovrappongono, si coprono di frammenti più o meno voluminosi, e formano così vere montagne, in mille guise accidentate e che si ergono da 10 a 15 metri sulle acque. L'altezza che sovranuota, sta, in generale, alla parte sommersa come 1 sta a 4; così l'altezza totale di queste montagne è di 40 a 60 metri.

Talvolta anche de' massi di ghiaccio lunghi 30 a 40 metri, carichi alle due estremità, si nascondono completamente sotto le acque ad una profondità sufficientemente grande perchè il bastimento vi passi sopra.

ma allora l'equipaggio è esposto a più orribili pericoli; il menomo urto, la menoma causa può alterare l'equilibrio dei pesi che tengono il masso sommerso; in tal caso esso inalzerebbesi con impeto e lancerebbe le nave in aria, oppure la rovescierebbe inevitabilmente.

Nella baja di Baffin trovansi montagne di ghiaccio molto più alte che nel mare della Groenlandia: i navigatori ne hanno misurate di quelle che alzavansi più di 30 a 40 metri sopra la superficie dell'acqua, che per conseguenza avevano meglio di 200 metri di altezza totale. Supponesi che queste masse spaventose si formino sulle coste, ov'esse chiudono le valli che mettono capo al mare, e in seguito ne vengano distaccate. Nella *stagione del sole*, le acque scorrono dall'alto delle loro creste e formano nel mare immense cascate che talvolta sono sorprese dal gelo. Lo spettacolo è maestoso, ma i navigatori lo ammirano da lungi: in un istante quelle colonne, quegli archi giganteschi, sospesi nell'aria, si spezzano con orribile fracasso e precipitano nel mare.

Scoresby ha veduto più volte formarsi il ghiaccio in alto mare a 20 leghe dalle coste. Non appena i primi embrioni di cristallo si fanno percettibili, il mare si tranquillizza come se fosse stato sparso dell'olio sulla sua superficie; i cristalli raggiungono prontamente la grossezza di 3 o 4 pollici, ed è allora che cominciano ad agglomerarsi, se il freddo continua, per formare tappeti di ghiaccio più o meno larghi, e che non tardano ad avere 2 o 3 decimetri di spessore.

In quelle contrade la densità dell'acqua del mare è 1,026: in istato di riposo essa si congela a — 2°. Le acque che sono state concentrate dal gelo possono giungere alla densità di 1,104; allora non gelano che a — 10°; l'acqua satura di sale solidificasi solo a — 21°.

Tali desolate regioni, ove il mercurio si solidifica all'aria libera, sono tuttavia abitate dagli Esquimesi. È il popolo che più s'inoltra nel freddo, poichè estendesi fino al 79° grado di latitudine! Il dottore Kane visitò nel 1853 due villaggi della costa groenlandese dello stretto di Smith, a 11° dal polo. Questi villaggi si chiamano Etah e Peterovick; la capitale del paese è Upernavik, visitata nel 1861 dal dottor Hayes. Si può farsi un'idea dei villaggi oggi occupati da questo popolo da cui discende l'America, gettando lo sguardo sulla figura 133. Le capanne sono costruite a corsi regolari con massi di neve foggiati a cupole. L'entrata è un'apertura circolare bassissima. La luce penetra in queste case da una finestra formata da una grossa lastra di ghiaccio molto trasparente.

Il punto più vicino al polo ove il viaggiatore sia giunto non è che a 6 gradi e un quarto (lat. 82°,45), cioè a 170 leghe soltanto. Parry e James Ross si sono qui fermati nel 1820. Lo sfortunato Franklin non andò oltre il 77°. Il dottore Hayes navigò nel mare polare fino ad 81°,40 nel maggio del 1861.

Terminiamo questo quadro generale dei climi osservando che l'ultima linea isotermica sufficientemente stabilita dalle osservazioni è quella di — 15 gradi, che discende al nord dell'America, risale al nord della baja di Baffin e attraversa l'80° grado di latitudine, per ritornare al 70° ed anche al 65°. Questa linea forma due arricciature, nelle quali si è constatato un aumento di freddo. Non è precisamente al polo che la media temperatura è più bassa, ma dalle parti. Havvi così ciò che potrebbe chiamarsi due poli di freddo: l'uno al nord del continente asiatico, non lungi dall'arcipelago conosciuto sotto il nome di Nuova Siberia; pare che la sua media temperatura sia di — 17°. L'altro trovasi al nord del continente americano, nelle isole occidentali dell'arcipelago polare e pare che la sua temperatura sia di 19°. È probabile che due poli di freddo analoghi esistano ugualmente nell'oceano glaciale antartico. Quanto allo stesso polo settentrionale, gli antichi calcoli del matematico Plana, del geometra Lambert e dell'astronomo Halley, e le recenti ricerche del mio rimpianto amico Gustavo Lampert, stabiliscono in modo quasi certo che il freddo vi è molto meno intenso.

Pel nostro polo (tengo conto della rifrazione), infatti, il sole si alza al principio di marzo, sale lentamente, rasentando quasi l'orizzonte e segnando una linea spirale che ogni giorno si eleva un po' di più. Esso più non tramonta sino alla fine di settembre. Il 21 giugno raggiunge l'altezza massima: 24 gradi. Il massimo di calore regna in luglio ed in agosto. Da questi calcoli, e dalle osservazioni dirette dei navigatori che più vi si sono avvicinati, risulta che precisamente al polo il mare non è gelato... Una palla prussiana ha messo a morte il piano con tanta diligenza predisposto dalla spedizione francese, che quest'estate medesima doveva andar a constatare la realtà, e far fare un passo di più alla conoscenza del globo.

CAPITOLO VIII.

Le montagne.

L'OSSATURA DEL GLOBO. — I CLIMI IN ELEVAZIONE.
GEOGRAFIA BOTANICA. — NEVI PERPETUE. — GHIACCIAI. — LE ASCENSIONI.
LE VALANGHE.

Abbiamo studiato successivamente gli effetti generali dei raggi solari nell'atmosfera terrestre ed alla superficie del suolo bagnato dal fluido aereo. I raggi luminosi ci hanno dapprima aperta la via all'organamento dei climi e delle stagioni. Questa veduta analitica sarà compiuta, sovratutto dal punto di vista della vita vegetale, da uno sguardo complessivo gettato sulle montagne. Già sappiamo che la temperatura diminuisce a misura che c'inalziamo sopra il livello del mare. I vegetali, che non sono in certo modo se non un tessuto di raggi solari e di gas atmosferici, mostrano metodicamente l'intensità di questi raggi, colla successione della loro specie. In geografia botanica, salire una montagna è andare dall'equatore ai poli. Il globo terrestre può essere paragonato a due montagne saldate al piano dell'equatore; i poli sono le vette coronate di ghiacci eterni.

Quelli la cui vita è trascorsa nei paesi di pianura, dinanzi alla vasta estensione delle regioni uniformi, delle abbondanti praterie, dei fertili campi, quegli che non ha vissuto nella contemplazione delle alte montagne coperte di neve, delle catene tortuose dagli scoscesi fianchi, delle irte roccie ove rari abeti vegetano immobili, dei ghiacciaî dalle verdi spaccature e de' laghi azzurri che sorridono al cielo; quegli, dico, non potrebbe comprendere il carattere di grandezza, di maestà, di dominazione che appartiene alle montagne: ai giganti sorti dalle convulsioni del globo. Lassù, in quelle vette bagnate nell'azzurro celeste, l'anima umana librasi al disopra de' piccoli movimenti molecolari che agitano la superficie terrestre. Nell'aerostato solitario dai venti trasportato attraverso le altezze dell'atmosfera, lo sguardo spiegato sulla Terra dà alla mente un'idea brillante della vita, e di più una impressione di contento indefinibile, di piena tranquillità, di gioja intima, che risulta dalla situazione particolare in cui ci troviamo al disopra del genere umano

e delle sue vicissitudini. Sulle montagne l'impressione è più severa e meno personale, poichè l'uomo sente più solidamente a lui d'intorno il regno delle forze fisiche in azione nella vita del globo.

Mano mano che io m'inalzo attraversando zone di temperatura media decrescente, osservo le serie degli alberi e delle piante, che si succedono secondo il clima delle zone, e faccio in otto o dieci ore un viaggio verso il freddo, assolutamente simile a quello che farei andando verso i poli. Per poco che una montagna oltrepassi 1800 o 2000 metri, l'ascensione fa passare in rivista la curiosa successione dei vegetali fino alla loro scomparsa completa. Talvolta, come sul Righi, gli abeti, che regnano soli all'ultimo confine, si arrestano d'un tratto impicciolendosi, e diminuiscono sì presto sotto l'azione misteriosa del clima, che all'altezza di un solo abete, sopra alberi ancora di proporzioni rispettabilissime, non trovansi più che arbusti e rovi.

Qualche volta, come sul San Gottardo, dopo di aver superato per ore ed ore roccie nude e sterili, e seguìto gli abissi d'un deserto selvaggio solcato da torrenti dalle numerose cascate, dopo di aver veduto nascondersi i banchi di ghiaccio dietro le creste a picco, giungesi su verdi pascoli, inaffiati da un'acqua cristallina, opulenti praterie spiegate su quegli elevati altipiani.

Ma quivi pure un grande contrasto aspetta l'occhio osservatore. Le verdeggianti praterie estendonsi fino alle nevi abbaglianti, senza che un solo albero vi rechi l'ombra sua, e senza che neppure un ramoscello dal tremulo fogliame richiami il dolce riposo.

La severità regna colà come sulle cime alpestri, in cui il passo regolare del camoscio solo attraversa l'inalterabile solitudine.

Ciò che colpisce più profondamente la mente umana nella natura di questi giganti di pietra tratti dinanzi alle nazioni, è l'opera ch'essi compiono in silenzio nella loro immobilità secolare.

Sono inerti? passivi? sterili? inutili? Le loro teste cariche di neve, avviluppate nel sudario ghiacciato delle nubi, sono addormentate come quelle dei Faraoni seppelliti nelle piramidi? Che fanno colà quegli esseri misteriosi, che vivono nella regione intermediaria fra la terra e i cieli, que' colossi di granito ai cui piedi gli eserciti umani sono come polvere di formiche? — Agiscono, reggono, governano il mondo.

Re dell'atmosfera, fratelli dell'oceano, ad essi è serbata la cura di distribuire alla terra il vitale umore delle esistenze. Hanno della morte la tranquillità austera e l'incorruttibile tessitura, e la morte che li circonda è la fonte della vita ch'essi dispensano. Vita e morte si riproducono scambievolmente.

Le nubi inalzatesi dal seno dei mari vanno a condensarsi sullo strato di neve delle cime alpestri che le arrestano e successivamente vanno sovrapponendovi un'acqua solida, che lassù resiste alle ire della natura.

Qua e là i banchi di ghiaccio assopiti nelle altezze silenziose, si risvegliano; una fonte mormoreggia, giovane, fresca, instancabile, tracciasi una via cantando. Essa chiama le sue sorelle, ed ecco che varî sottili rigagnoli d'un'acqua argentina si riuniscono e corrono insieme verso le belle campagne che già si discoprono. Di cresta in cresta essi spicciano e cadono in cascate nevose, e di roccia in roccia scendono fin negli spianati ove nascono gli schiumosi torrenti. Ecco de' laghi trasparenti, incorniciati dalle loro montagne, che dolcemente sorridono al cielo. Le nubi, passando, vi si adagiano — nube e lago non sono gemelli, e come Castore e Polluce non si pigliano a vicenda il loro posto reciproco?

Le rive scoscese agitano sui loro specchî i rami delle piante, e le nude roccie vi riflettono i fianchi selvaggi. Ma l'acqua prosegue in cerca delle basse pianure che l'attirano senza posa. Essa forma allora quei corsi d'acqua che hanno sì gran parte nella storia politica delle nazioni.

Colà, essa traccia il Reno, argomento di guerra fra i poveri uomini che abitano l'una e l'altra riva, e da questa via settentrionale ritorna all'oceano avvicinandosi al polo.

Qui il ghiacciajo del Rodano apre il corso del fiume che scenderà ad inaffiare le fertili pianure del mezzodì. E così, nel mentre ritorna in grembo ai mari col suo eterno movimento, l'elemento disegna sulla carta del mondo le linee diverse di cui l'umanità pacifica o bellicosa, ma quasi sempre bellicosa e debole, comporrà i suoi annali.

Di quanta importanza sono dunque queste masse gigantesche nella storia del mondo! Quale opera perpetua esse compiono sopra, sotto e in mezzo a noi? Opera incessante e fatale da cui, miseri mortali, noi siamo singolarmente dominati. Tutto il grande meccanismo funziona dal mare all'atmosfera, dall'atmosfera alle montagne, dalle montagne alle pianure ed al mare, senza che la nostra razza vi rappresenti la menoma parte. Le nubi s'inalzano, la pioggia cade, il tuono rumoreggia, la neve avvolge le vette, i venti nascono e circolano, le acque viaggiano lentamente nei laghi, con rumore nei torrenti, pesantemente nei fiumi, la verdura adorna le colline e le valli, il cielo si anima, il sole brilla... e tutto questo meccanismo colossale, immenso, universale, cammina senza posa, estraneo ai nostri piccoli movimenti lillipuziani ed alla nostra propria esistenza, avviluppandoci nella sua successione tranquilla, austera, superiore a noi, e proseguendo il proprio corso senza pigliarsi briga della nostra storia.

Così tutto camminava sulla Terra prima dell'apparizione dell'uomo pel corso di migliaja di secoli, ove la natura sorrideva per sè stessa, senza che alcun pensiero umano ivi fosse per riposare sul seno di lei e guardare il cielo. E così il meccanismo del mondo proseguirà la propria

via allorchè non vi saremo più, allorchè le generazioni dell'avvenire saranno scomparse a loro volta, e quando la razza umana sarà spenta su questa Terra.

Molte età avete vedute, o solitarie montagne assise nelle nubi! Avete veduto le campagne che si svolgono ai nostri piedi senza armenti e senza coltivatori; avete veduto i vostri laghi senza navicelle e senza remi; avete veduto i fiumi senza città sulle loro sponde e la terra senza uomini. Di bel nuovo rivedrete queste solitudini in avvenire. Forse non sapete che vi sono attualmente uomini che vi contemplano, e fors'anche tanto fa che ve ne siano o che non ve ne siano!

. . . .

Le alterazioni dell'atmosfera, dice il Mauris, tengono sveglia al massimo grado la nostra curiosità. Quantunque noi ci sforziamo coll'induzione ed il calcolo di scoprirne la costituzione e di notarne i fenomeni, esse rimangono per noi circondate ancora di molti misteri. Noi saliamo le montagne, c'inalziamo in pallone, appuntiamo i telescopî sui corpi celesti ed inventiamo mille strumenti per constatare i menomi effetti prodotti da agenti fisici nello spazio che ci separa. Stanchi d'incontrare continuamente sul globo la traccia dell'uomo e l'opera delle sue mani, noi ricerchiamo le regioni ove egli non è peranco penetrato, ove la natura è vergine e conserva la fisionomia delle età geologiche che precedettero la nostra. Regna sulle alte vette un profumo d'eternità, che ci ravvicina alle condizioni dello spazio infinito. La Bibbia ci presenta Mosè che sale il Sinai per conversare con Dio e ricevere direttamente le sue volontà, è l'imagine delle impressioni prodotte su di noi dai luoghi elevati. Noi ci troviamo infatti sulla cima dei monti, faccia a faccia colla divinità. Siccome l'uomo più non vi è per ricomporre, a norma de' bisogni e de' suoi capricci, l'ordine primitivo delle cose, le leggi fisiche ci appajono in tutta la loro grandezza e la loro generalità.

La sublime impressione che ricevesi da queste montagne non è per nulla effetto di fantasia. Essa proviene da una vera grandezza. È il serbatojo d'Europa, il tesoro delle sue fecondità. È il teatro degli scambî dell'alta corrispondenza delle correnti atmosferiche, dei venti, dei vapori, delle nubi. L'acqua è vita cominciata. La circolazione della vita sotto forma aerea o liquida si compie sulle montagne. Queste sono i mediatori, gli arbitri degli elementi dispersi ed opposti; ne sono l'accordo e la pace. Esse li accumulano in ghiacciaî e poi equamente li distribuiscono alle nazioni.

Le nubi, venute sì da lontano, dopo le traversate, debbono raccogliersi volentieri per cercare un momento di riposo. Il posto è grande sulle Alpi. Quaranta, cinquanta leghe di ghiacciaî, dal Delfinato al Ti

rolo è un bel letto, mi pare. Ma è tale la leggierezza, l'incostanza di queste viaggiatrici, che la buona ospitalità delle Alpi non le riterrebbe. Un ingegnoso lavoro le tiene là fisse sotto forma di ghiaccio (Michelet).

Se la superficie del pianeta fosse perfettamente liscia, la regolarità più desolante regnerebbe ovunque; gli stessi fenomeni si riprodurrebbero attraverso tutta l'estensione dei continenti. Da un oceano all'altro,

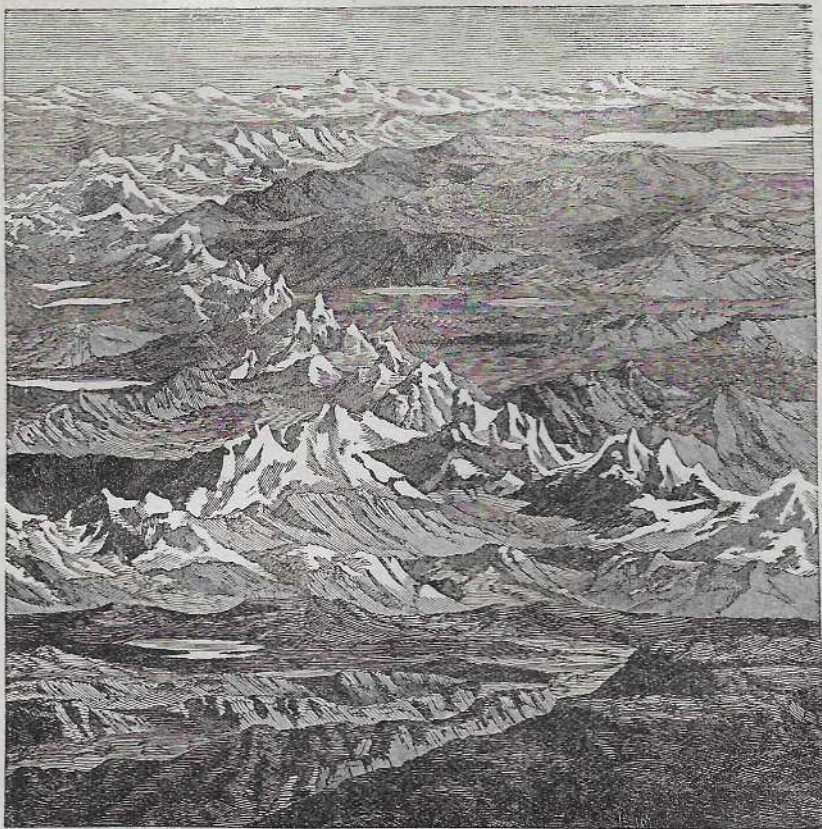



Fig. 134. — Le montagne — Panorama delle Ande

i venti, di cui nessun ostacolo arresterebbe il corso, girerebbero intorno al globo con movimento sempre uguale, come le lunghe striscie di nubi che si vedono su Giove. Non una di quelle alte masse, che per la loro posizione traversale alla direzione dei venti, producono una rottura di equilibrio e ripercuotono le correnti atmosferiche in tutti i sensi; nessuno di que' grandi refrigeratori che condensano l'acqua delle nubi e la concentrano nei loro serbatoî di neve e di ghiaccio; ovunque le pioggie cadrebbero in modo presso a poco uguale, e le acque, non tro-

vando declivio per scorrere verso l'oceano, formerebbero putride paludi. L'equilibrio perfetto delle forze della natura avrebbe per conseguenza il ristagno universale e la morte. Se gli uomini potessero esistere sovra una terra simile, lungi dal trovare nell'uniformità dell'immensa pianura le maggiori facilità per comunicare fra di essi, rimarrebbere sparsi intorno alle loro lagune in tutta la primitiva selvatichezza. Le emigrazioni di popoli interi che scendono i versanti degli altipiani in cerca di una nuova patria, come i grandi fiumi in cerca del mare, non sarebbero mai avvenute. Qualsiasi civiltà sarebbe stata impossibile forse; così come la pensano certi geologi, la superficie del globo era liscia e senza alcun grande rialzo, quando l'ictiosauro nuotava a fatica tra le paludi, e il pterodattilo stendeva le pesanti ali sopra i canneti. Era allora la terra del rettile, ma non poteva essere quella dell'uomo.

Siano pure quali si vogliano le cause geologiche della ripartizione attuale degli altipiani sui continenti, bisogna riconoscere il fatto notevole, che la loro altezza si accresce in ragione diretta della loro vicinanza colla zona torrida, come se la rotazione del globo avesse avuto per risultato non solo il rigonfiamento generale della massa plenaria, ma altresì la tumefazione degli stessi continenti.

Centri vitali dell'organismo planetario, essi arrestano i venti e le nubi, espandono le acque, modificano tutti i movimenti che si compiono alla superficie del globo. Grazie al circuito incessante che producesi fra tutte le sporgenze del rialzo continentale e i due oceani delle acque e dell'atmosfera, i climi scaglionati sui fianchi degli altipiani si mescolano diversamente e mettono in continuo rapporto le une colle altre le flore, le faune, le nazioni e le razze d'uomini.

Per la grazia e la maestà della forma, pel loro ardito profilo, che disegnasi su nel cielo, per la cintura di nubi che s'avvolge intorno alle roccie ed alle foreste, per le variazioni incessanti di ombra e di luce che produconsi ne' burroni e sulle giogaje, le montagne assumono apparenze di personalità, e par quasi di vedere esseri viventi in quelle masse rocciose. E poi in un piccolo spazio, non offrono esse il riassunto di tutte le bellezze della terra? I climi e le zone di vegetazione dispongonsi gradatamente sui loro fianchi; con un solo sguardo vi si possono abbracciare le colture, le foreste, le praterie, i ghiacciaî, le nevi, ed ogni sera la luce morente del sole dà alle vette un meraviglioso aspetto di trasparenza, quasichè l'enorme massa non fosse che un leggiero panneggio roseo ondeggiante nel cielo (Eliseo Reclus).

In principio di questo volume il lettore avrà trovato la lista delle più alte montagne delle cinque parti del mondo, quelle dei luoghi più alti del globo abitato, così come le più alte ascensioni compiutesi sulle montagne e nell'aria. Più sopra abbiamo veduto in quali proporzioni la temperatura decresca mano mano che c'inalziamo nelle regioni

aeree. Vediamo ora le conseguenze del decrescimento della temperatura su queste grandi masse, che mantengono le loro cime nelle profondità rarefatte dell'atmosfera.

La prima conseguenza di questo abbassamento di temperatura è che mano mano che si ascende un'alta montagna, incontransi, scaglionate alle varie altezze, produzioni organiche d'ogni paese, e si attraversano a grado a grado climi sempre più rigorosi. Questa bizzarra continuità dei prodotti dell' inverno e dell' estate contribuisce molto all' incanto dei paesi alpestri. Se ci poniamo sulle vette della Svizzera, un solo sguardo ci offre il grandioso panorama delle Alpi, e, come in una pagina aperta del libro della natura, possiamo leggere in tal quadro le regole e le leggi stabilite dalla scienza intorno alla distribuzione degli esseri viventi nelle diverse latitudini. Scorgonsi abbastanza distintamente sei zone le une sulle altre scaglionate e nettamente pronunciate nei contorni dalla differenza della vegetazione e dall'aspetto del suolo. Nel fondo stendesi la fertile pianura interrotta da laghi, da strade maestre, da fiumi, da foreste, disseminate di villaggi e fattorie: è la residenza dell'uomo. Sopra questo verde tappeto s'inalzano in pittoresco disordine, ridenti colline, ora nude, ora coperte di boschi e d'ombra. Più in su, lo sguardo incontra creste rocciose, coronate da gruppi di neri abeti; sopra le roccie vedonsi ancora pendici coperte di ricchi pascoli; ma tosto il carattere del paesaggio cambiasi bruscamente: la morte succede alla vita, la verdura lascia posto alle tinte grigie e monotone delle nude roccie. La montagna piglia allora l'apparenza d'incanto e di grandezza da altri aspetti, dalle forme capricciose e selvaggie delle roccie che ne costituiscono la massa imponente. Più su, infine, le Alpi si sviluppano in uno splendido mantello di neve, sotto il quale perpetuamente ricoverasi il loro perpetuo inverno.

Abbiamo già venuto nella geografia botanica che la distruzione dei vegetali alla superficie del globo ha per base direttiva lo stato effettivo del calore trasmesso dal sole alla terra. Siccome quest' azione della temperatura sulla vegetazione è tra le più importanti, fu studiata per la prima, per cercare i rapporti che esistono fra la distribuzione del calore ed il carattere della vegetazione. Siffatto studio ha condotto a dividere il globo in otto regioni abbastanza distinte:

1.° La zona equatoriale, che stendesi a 15°,0 da ciascun lato dell'equatore, ed ha la temperatura annua media di 26° e 28°. L'umidità della sua atmosfera contribuisce, col concorso del calore, a sviluppare le forme vegetali che vi sono altrettanto belle che variate.

2.° La zona tropicale, che comincia dal 15° grado e si estende fino ai tropici, con una temperatura estiva media di 26° ed invernale media di 15°. Sotto questa zona trovansi già variazioni di temperatura piuttosto numerose.

3.° La zona subtropicale, che parte dai tropici e si eleva fino al 34° grado; la sua temperatura media è dal 17° al 21°, ciò che permette ancora di fiorire ad alcune piante equatoriali. È la zona più aggradevole per l'abitazione dell'uomo, perchè l'inverno non è tanto crudo da costringere a studiar i modi di preservarsi dal suo rigore.

4.° La zona temperata calda, che comprende dal 34° grado al 45° di latitudine, e la cui temperatura media è tra 12° e 17°.

5.° La zona temperata fredda, che comincia al 45° grado e finisce al 58°, con una temperatura media tra 6° e 12°.

6.° La zona subartica, che estendesi da 58° a 66°,82. La sua temperatura media è tra 4° e 6°.

7.° La zona artica che parte dal circolo polare, 66°, 32, estendesi fino al 72°, e la cui temperatura media non è guari superiore a 2°.

8.° La zona polare, che comincia a 72° e si prolunga fino ai poli. La durata

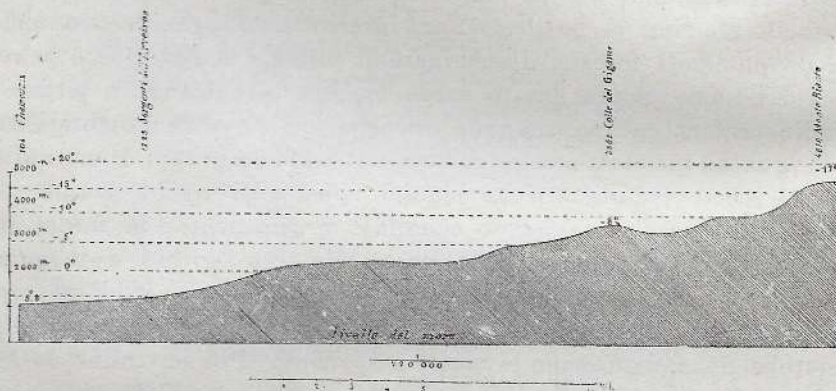



Fig. 135. — Successione dei climi sul monte Bianco

dell'estate è di 5 o 6 settimane. La temperatura media è di 3°,1 d'estate, e di — 15° d'inverno; nel mese di luglio ella s'inalza a 5°,08; ma in agosto ricade a 1°,2, e d'inverno scende fino a — 30°.

A primo tratto pare che questo sistema soddisfi la mente; vi si vedono linee regolari con temperature medie ben definite; ma ad eccezione forse della prima e dell'ultima zona, che sono le meglio determinate, le altre compongono un'infinità di gradazioni nei climi, con una differenza in più od in meno spesso considerevole.

Nei prolegomeni della *Flora della Lapponia*, Linneo ha caratterizzato la vegetazione delle diverse contrade del globo con questo stile succinto e pittoresco, che distingue il grande osservatore: « La famiglia dei palmizî, egli dice, regna nelle parti più calde del globo! Piante cariche di frutti abitano in gran numero le zone tropicali. Una ricca corona di piante orna le plaghe dell'Europa meridionale; messi di gra-

minacce occupano l'Europa settentrionale. L'ultima e più fredda delle regioni abitate, la Lapponia, è coperta di pallide alghe e di freddi licheni, vegetali dell'ultima specie sull'ultima delle terre. »

Siccome la successione dei climi avviene dalla falda alla vetta di una montagna, secondo la stessa norma della legge dall'equatore ai poli, la vegetazione vi si succede nello stesso ordine. Per la flora come pel clima, crederemmo di camminare nella direzione del circolo polare, mano mano che c'inalziamo sul fianco di un picco ad una maggiore altezza sopra la pianura; soltanto gl'intervalli di clima che vorrebbero settimane per essere superati, si attraversano in pochi minuti d'ascensione. Abbiamo veduto (libro III) che la temperatura decresce in media di 1° centigrado fra 160 e 240 metri d'altezza, secondo la distanza del suolo, il luogo e la stagione. Se, per esempio, seguesi la successione

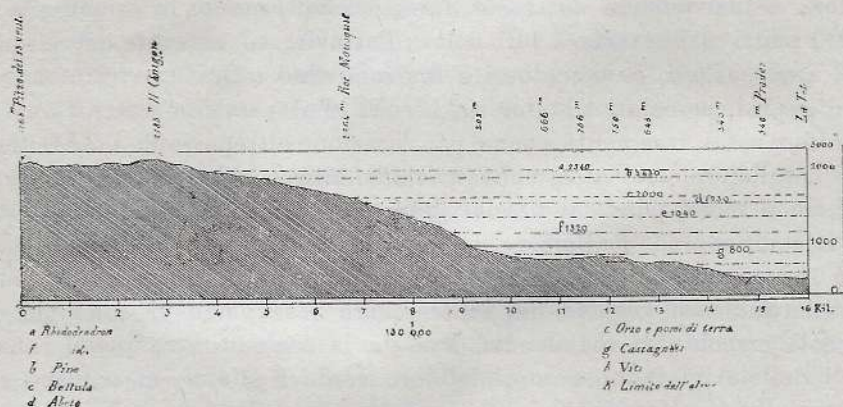



Fig. 136. — Successione della specie vegetale sul monte Canigou.

dei climi sui fianchi del monte Bianco, vedesi che essendo a 200 metri la linea di zero, l'isotermica di — 5° passa a 2800 metri; quella di — 10° a 3600; quella di 15° a 4400, quella di — 20° sta all' altezza di 5200 metri. Se dunque la temperatura media dell'anno è di 11° al livello del mare in questa latitudine, vedesi che il clima varia da + 11° a — 17°, ossia di 28° per 4800 metri, e cioè che in questa ascensione della durata d'un giorno si fa lo stesso viaggio fisico di chi andasse dalla Svizzera allo Spitzberg o 35 gradi di latitudine; 137 metri d' altezza corrispondono a 1 grado di latitudine.

Una delle montagne sulle quali meglio riesce evidente la successione delle specie vegetali è quella del Canigou, ne' Pirenei, che si eleva superbamente a 2785 metri a 15 chilometri da Prades. Gli olivi delle campagne della Tèt crescono alle falde del monte, la vite si alza fino a 550 metri, il castagno fino a 800. Gli ultimi campi si fermano a 1640 metri, l'abete cessa a 1980 metri, ove sono già scomparsi la quercia ed

il faggio; la betulla sale fino a 2000 metri, e il pino fino a 3430, per cedere il posto alle contorte pianticelle delle regioni polari. Così come lo osservò E. Reclus, dal piede della vetta del Canigou è un viaggio analogo a quello che si farebbe dal 42° al 62° grado di latitudine, dalla Corsica alla Norvegia! Qui 139 metri d'altezza corrispondono a 1 grado di latitudine.

Nelle Alpi svizzere, i noci cessano pei primi, poi i castagni; oltre gli 800 metri non si trova più traccia alcuna di questi alberi, fuorchè però sul versante meridionale, ove essi allignano 100 metri più in alto. Presso a poco verso la stessa altitudine, la quercia, che compone l'essenza delle foreste col faggio e la betulla, scompare; il ciriegio cresce fino a 950 metri, il faggio fino a 1300, i cereali maturano fino a 1100 metri nel settentrione, ed a 1510 nei Grigioni, sul versante meridionale; gli alberi verdi, come l'abete, il pino, il larice, costituiscono allora eslusivamente le vaste foreste che ornano la montagna; a 1800 metri essi cessano a loro volta. Tuttavia, sul versante meridionale del monte Rosa, questi alberi s'inalzano fino a 2270 metri; sono larici e pini, associati ad alni e a betulle. Sul versante settentrionale le conifere assai raramente e come per eccezione oltrepassano i 2000 metri. La betulla, robusto albero che troviamo ultimo nel nord, e quasi anche ultimo a scomparire dai fianchi delle montagne, inalzasi fino ad una eguale altitudine. Nullameno incontransi ancora un centinajo di metri più in su i pini cembro e mugo. Le pasture si elevano fino a 2600 metri. Poscia qualsiasi vegetazione arborescente cessa; non vi sono più che piccole macchie di rododendri. Passata la regione dove questi robusti figli delle Alpi fanno pompa del loro verde fogliame, si trovano solo pianticelle che appena appena si alzano sopra il suolo, e fra l'altre il salice erbaceo, che più non è se non un misero arbusto; desse chiamansi *alpine*. Possiamo però fare l'osservazione che una differenza reale esiste fra le condizioni della vita polare e quella della vita alpestre glaciale. Più c'inalziamo sulle montagne, più l'aria è secca e leggiera; ai poli, all'opposto, l'atmosfera è pesante di vapori che la saturano. Attraverso a quest'atmosfera può la luce agire attraverso l'aria sottile delle alte vette? No; l'atmosfera deve determinare una differenza profonda nelle condizioni della vita animale e vegetale, nonostante l'analogia dei climi.

Più su, finalmente, trovansi soltanto licheni e la nuda roccia, ed a poca distanza incontrasi il confine delle nevi eterni, che varia secondo le latitudini, ma che perciò non è meno sottomesso ad una legge costante.

Io non avevo mai meglio compresa la linea di demarcazione fra la vita e la morte degli organismi terrestri come nella mia ascensione al monte Bianco del settembre 1869. Allorchè, dopo aver riposato alla

« Pierre de l'Échelle » si è giunti al margine del ghiacciajo di Bossons o attraversata la gola della valanga dell'Aiguille du Midi, la vasta pianura di neve ondeggiata sulla quale si giunge, la regione dei *séracs* (1) e dei loro limpidi fili d'acqua, i laghetti azzurri in second'ordine, e i Grands Mulets ritti di contro offrono all'anima un quadro di silenziosa e solitaria grandezza che colpisce. In seguito poi non si hanno sott'occhio che le tristi successioni delle bianche colline e il panorama delle alte vette cipigliose. Quivi regna fino dalle più antiche età del mondo il silenzio sepolcrale. Questa inalterabile maestà delle teste bianche offre l'impressione del mondo superiore che domina il nostro, e pel quale la vita, con tutte le sue agitazioni, è il passaggio d'un'ombra. Nell' aerostato che s' inalza appunto fino a queste regioni, non sentiamo lo stesso contrasto, poichè le nubi non vi sono allo stato di neve, e nell'atmosfera pure tal linea di demarcazione non esiste.

Quanto alla successione delle piante in sè stessa, non è già sul monte Bianco che meglio si apprezza. Più facilmente invece la si osserva sulle montagne isolate che non giungono al confine delle nevi. A tale riguardo l'ascensione del Righi, certamente, è fra quelle che più interessano.

Fra tutte le regioni naturali che si scaglionano lunghi i fianchi d'una montagna, nessuna presenta un carattere sì spiccato come la linea delle *nevi eterne* o persistenti, così a giusto titolo chiamate perchè resistono agli ardori della state, o si rinnovano non appena uno scioglimento parziale durante l'estate o la primavera abbia diminuita la loro massa. Questa linea trovasi ad un'altezza assoluta tanto più grande quanto maggiore è il caldo al livello del mare. Essa è al livello del suolo nelle regioni polari, ove regna un freddo continuo, ed è situata a grandissima elevazione sotto i tropici.

Tale fenomeno è però complesso Esso dipende dalla temperatura, dallo stato igrometrico dell'aria, dalla forma delle montagne, dalla direzione dei venti regnanti e dal loro contatto sia colla terra, sia col mare, dall'altezza totale della montagna e dal grado d'inclinazione dei versanti, infine dall'estensione e dall'elevazione assoluta degli altipiani che sorreggono il monte. Tutte queste cagioni danno al limite delle nevi il carattere di grande variabilità.

Da lunga pezza si è cercato quale relazione meteorologica unisca l'altitudine del limite inferiore delle nevi persistenti al clima d'ogni paese. Bougner riteneva che questo limite corrispondesse ad una temperatura annuale media uguale a quella del ghiaccio che si scioglie. De Buch e Humboldt hanno tentato di dimostrare ch' essa meglio si

---

(1) Nome che si dà in Savoja alle grandi masse di ghiaccio del monte Bianco. *(Nota del T.)*

riferiva ad una temperatura media dell'estate uguale a questo stesso grado: nullameno ci siamo accorti che il confine delle nevi punto non soddisfa a siffatta condizione.

Il signor Renou ha recentemente dimostrato che questo confine è collegato colla distribuzione della temperatura nelle diverse stagioni.

Il limite inferiore delle nevi non è unicamente una funzione della latitudine e della temperatura media annuale; non è nè all'equatore nè neppure nella zona intertropicale, come lo si è creduto molto tempo, che questo limite giunge alla maggiore altezza. Se lo si sottopone ad analisi particolareggiata, ciò che le recenti osservazioni permettono di fare, riconoscesi ch'esso dipende dal concorso di un gran numero di cause, oltre le precedenti, quali sono la differenza delle temperature

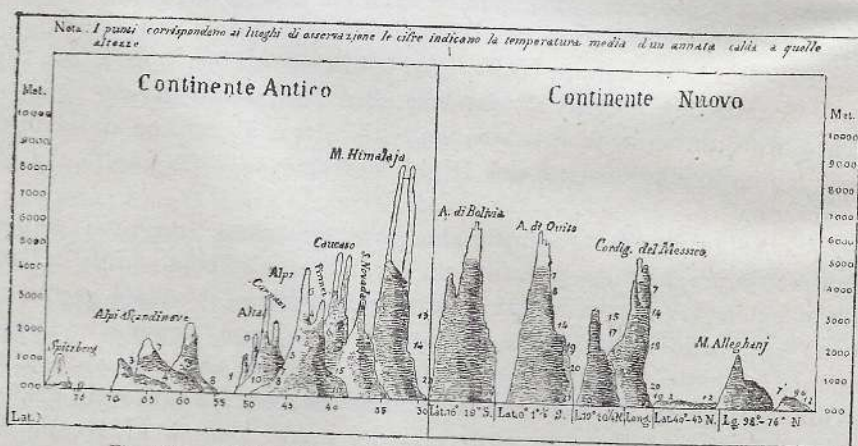



Fig. 137. — Altezze sulle montagne corrispondenti alle linee isotermiche.

speciali ad ogni stagione, il grado abituale di siccità o d'umidità degli strati superiori all'atmosfera; lo spessore assoluto della massa di neve che si è accumulata; il rapporto fra l'altezza del limite inferiore delle nevi e l'altezza totale delle montagne, ecc., ecc.

Sotto le nostre latitudini, nell'inverno, la neve invade tutte le eminenze fino alle pianure; in primavera comincia a sciogliersi dalle parti inferiori; d'estate si scioglie rapidamente, e infine questo squagliamento si arresta in autunno ad un certo limite, che rimane sempre presso a poco lo stesso; chiamasi questo limite delle *nevi perpetue* o meglio persistenti. Ond'è che il fenomeno è alternativo; negli altri sei mesi, esse ritiransi; questa semplice considerazione mostra che il limite superiore non deve dipendere che dalla metà più calda dell'anno compresa quella per la maggior parte dei climi al nord dell'equatore, fra il 20 aprile e il 22 ottobre. Siamo così indotti a stabilire la seguente legge generale:

In tutti i paesi della terra, il limite delle nevi persistenti è l'alti-

tudine alla quale la metà più calda dell'anno ha una temperatura media uguale a quella del ghiaccio che si discioglie.

I ghiacciaî propriamente detti costituiscono un fenomeno a parte; sono, infatti, ammassi di ghiaccio nelle valli ove esso si accumula considerevolmente, e nelle quali discende di continuo, in modo da surrogare quello che si scioglie alla parte inferiore.

Il piccolo quadro che segue indica la diminuzione (a cominciare dall'equatore) dell'altezza del limite delle nevi e della temperatura media della metà più calda dell'anno, per le pianure che stanno al loro piede.

Luoghi	Latitudine	Altitudine del limite delle nevi.	Temperatura media.
Ande	1°	4795	27°,4
Messico	19	4580	26 2
Himalaya vers. S.	30	3956	25 9
Himalaya vers. N.		5067	24 0
Caucaso	43	3216	20 0
Pirenei	45	2800	17 5
Alpi	45	2700	17 0
Carpazi	47	1592	16 2
Altai	49	2144	13 4
Alpi Scandinave	61	1650	10 3
Islanda	65	940	6 3
Norvegia (Mageroe)	71	714	4 8
Isola Cherry	75	180	1 2
Spitzberg, costa S. O.	78	0	0 0

Noi conosciamo il limite *inferiore* delle nevi perpetue; quanto al limite *superiore*, non si può parlarne, poichè le cime più alte sono ancora lungi dal raggiungere gli strati d'aria che più non contengono vapore atto a produrre cristalli di ghiaccio. È però certo che se si elevassero ad un'altezza più considerevole negli spazi aerei, finirebbero col raggiungere un limite superiore delle nevi. Infatti la fredda atmosfera delle alte regioni non contiene se non una debolissima porzione di vapore, e i rari fiocchi di neve che potessero cadere su vette di 15 000 o 20 000 metri sarebbero in breve spazzati dal vento o sciolti dai raggi solari. Sui fianchi di una montagna di tale altezza, vi sarebbe una zona di neve persistente limitata da una parte da regioni di pascoli, dall'altra da spazî deserti, completamente spogli di vegetazione. Secondo Tascudi, non cadrebbe sulle Alpi, oltre l'altezza di 3300 metri che una quantità di neve relativamente debolissima, ed è fra i 2300 metri che la maggior parte delle nubi cariche di fiocchi versano il loro fardello sui fianchi montagnosi. A tale altezza, l'umidità cade anche qualche

volta in forma di pioggia, ma a 3000 metri le nubi son di rado piovose; a 3600 non portano che neve.

La neve che cade sulle montagne sopra al limite delle nevi perpetue non si scioglie. Una piccola proporzione soltanto, sciogliendosi sotto l'influenza del sole, s'infiltra attraverso la neve antica, e siccome quest'acqua congelasi di nuovo nella notte, la neve passa allo stato di *nevischio*, corpo intermediario fra la neve ed il ghiaccio, massa granulosa che si compone di cristalli arrotondati e agglomerati tra loro per effetto della pressione che sopportano. La densità del nevischio sta fra quella della neve e quella del ghiaccio; mentre un metro cubo di neve pesa circa 850 Kg., un metro cubo di ghiaccio compatto pesa 900 Kg., e il peso di un metro cubo di nevischio varia fra i 300 e i 600 Kg., (l'acqua peserebbe 1000 Kg.). La linea di demarcazione fra il ghiaccio ed il nevischio non è bene definita. Secondo la pressione cui è esposto, quest'ultimo passa successivamente da una serie di densità: diventa dapprima ghiaccio a bollicelle, poi ghiaccio granuloso bianco, infine ghiaccio azzurro compatto che forma la sostanza de' ghiacci.

Le condizioni più favorevoli alla formazione dei ghiacci esistono, dice Agassiz, quando parecchie alte montagne sono tra loro vicinissime. Accade allora che non solo la sommità, ma anche gli altipiani e le valli intermedie si ricoprono di ghiacciaî fino ad altezze ove probabilmente punto non ve ne sarebbero, se le elevate cime fossero più discoste l'una dall'altra. E però vasti spianati, di dieci, venti ed anche trenta leghe quadrate, non presentano che una superficie continua di ghiacci, dal mezzo della quale le creste e le cime delle più alte montagne s' inalzano come isole vulcaniche in pieno Oceano. A sì vaste estensioni di ghiacciaî si dà il nome di *mari di ghiaccio*. I mari di ghiaccio distaccano su tutta la loro circonferenza degli emissarî che scendono dalle gole e dalle anfrattuosità delle montagne nelle regioni inferiori. Sono i *ghiacciaî* propriamente detti; il loro numero è variabilissimo, e dipende essenzialmente dalla struttura dei massi ricoperti dai mari di ghiaccio. Contansi in Svizzera 600 ghiacciaî propriamente detti. Le Alpi, comprese nella Svizzera fra il monte Bianco e le frontiere del Tirolo, formano un mare di ghiaccio di più di 138 leghe quadrate. Tali sono gli inesauribili serbatoî che mantengono i principali fiumi d'Europa.

Il ghiaccio de' ghiacciaî non rassomiglia per nulla affatto al ghiaccio comune. Invece di essere sdrucciolevole e liscio è ineguale, rigato o striato, di rado liscio, composto infine di un'immensa quantità di frammenti angolari da 20 a 50 centimetri di diametro, e disgiunti gli uni dagli altri da fessure capillari innumerevoli. Mano mano che c'inalziamo verso la parte superiore dei ghiacci, vediamo questi frammenti scemare di volume e ridursi infine a semplici granelli: la massa intera

passa allora allo stato di neve granulosa: il nevischio di cui abbiamo dianzi parlato... I ghiacciaî non sono, per così dire, che trasformazioni di nevischio operate dall'acqua. Quantunque la temperatura media delle regioni ove regnano i nevischî sia molto al di sotto dello zero, il sole giunge però a fonderne annualmente una parte durante i mesi caldi dell'estate. L'acqua che risulta dallo scioglimento s'infiltra nella massa, ove, surrogando l'acqua del nevischio contenuta in abbondanza, essa congelasi durante la notte e trasforma così una parte del nevischio in un ghiaccio poco compatto dapprima, ma che acquista ognor più in consistenza e grossezza a misura che nuove acque vi si infiltrano e che la massa intera progredisce. La trasformazione del nevischio in ghiaccio avviene generalmente dal basso in alto, per il semplicissimo motivo che, siccome l'acqua tende continuamente a discendere, la parte inferiore del nevischio s' imbeve per la prima.

I ghiacciaî offrono ciascuno un carattere particolare, risultante dalla disposizione de' loro crepacci, delle loro aguglie, delle loro morene, ecc.; inoltre cambiano d'aspetto da un anno all'altro, durante una stagione, talvolta anche dalla mattina alla sera.

Nessun ghiacciajo è perfettamente bianco; visti da lontano, hanno di solito una tinta turchiniccia o verdognola, più intensa sulle pareti delle aguglie e nell'interno delle fenditure che non alla superficie. Quando siamo appunto sul ghiaccio, la superficie non ricoperta dalle morene pare d'un bianco pallido. Infine, mano mano che si risale il ghiacciajo e che il ghiaccio diventa meno compatto, le tinte perdono insensibilmente della loro intensità, e l'azzurro dei crepacci, sempre meno oscuro e sempre più pallido, si trasforma in un verde di rara bellezza. Quali sono le cagioni che determinano queste svariate tinte? La scienza non ha ancora risoluto il curioso problema. Non è l'azzurro del cielo, come fu preteso, poichè i ghiacciaî conservano i loro colori anche con un tempo nuvoloso.

Il 14 settembre 1868, subito dopo una sottile pioggierella, visitai la grotta del ghiacciajo inferiore del Grindelwald, in compagnia del professore Lissajous, e, come nei più bei giorni del cielo azzurro il ghiacciajo appariva tinto delle svariate gradazioni dello smeraldo. Nell'interno della grotta, all'ingresso, la trasparenza dei massi e la rifrazione della luce ricordavano in bizzarro modo la tinta del vitriolo. La Lutschine nera esce dal ghiaccio a rapidi fiotti. I burroni del torrente, le cascate, i massi degli antichi scoscendimenti, le morene e la successione ammirabile delle vedute della Wengernalp, riuniscono in quel piccolo deserto delle Alpi uno schizzo fisico e meteorologico che ad ogni mente attenta offre un insieme abbastanza completo delle cognizioni riassunte in questo capitolo.

Tutti i ghiacciaî hanno crepacci, cioè enormi fessure che ora attra-

versano la massa di ghiaccio da parte a parte, ora non penetrano che fino a certa profondità. Soltanto il numero, la forma, le dimensioni e la disposizione di tali crepacci variano all'infinito nei diversi ghiacciaî e nelle diverse parti di uno stesso ghiacciajo, secondo l'inclinazione più o meno considerevole della forma e del fondo della valle. In generale si possono saltare senza sforzo e senza pericolo; ma se ne incontrano talvolta di sì larghi, che bisogna girarli o superarli colle scale. Nella sua ascensione, Saussure ne osservò uno largo più di 32 metri e del quale in nessun punto scorgevasi il fondo. Di solito la profondità è 30 o 40 metri. La neve cade spesso in quei crepacci e li nasconde. Quand'essa non fa che riunire i due margini, forma sopra l'abisso una specie di ponte, che talvolta un semplice scoscendimento del ghiaccio basta a

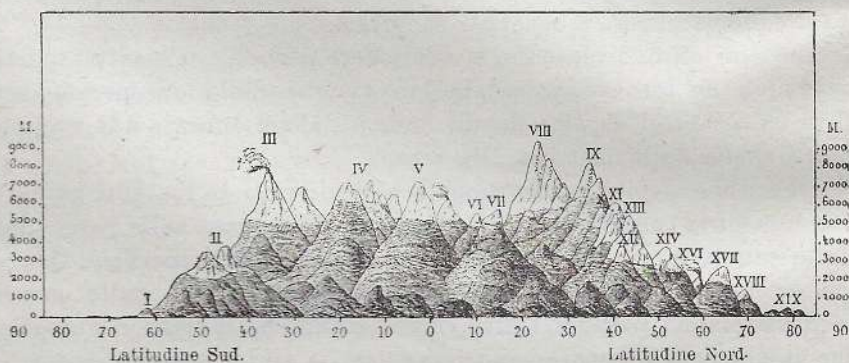



Fig. 138. — Le nevi eterne alle diverse latitudini.

Altezze dei limiti delle nevi perpetue: I. Stretto di Magellano, m. 1130. — II. Ande di Patagonia, m. 1830. — III. Ande del Chili, m. 4483. — IV. Ande della Bolivia Fl. Or., m. 4850. e Fl. Occ., m. 5640. — V. Ande di Quito, m. 4850. — VI. Etiopia, m. 4300. — VII. Cord. del Messico, m. 4500. — VIII. M. Himalaja, m. 5000. — IX. Karakorum, m. 5700. — X. Ararat, m. 4320. — XI. Caucaso. m. 3300. — XII. Pirenei, m. 2730. — XIII. Alpi, m. 2750. — XIV. M. Altai, m. 2144. — XV. Unalaska, (Siberia), m. 1070. — XVI. Islanda, m. 936. — XVII. Alpi Scandinave, m. 1100. — XVIII. Isòle Mageroe (Norvegia), m. 720. — XIX. Spitzberg, m. 0.

far crollare. Sono questi letti di neve, che costituiscono il maggior pericolo pei viaggiatori. Nessun indizio rivela il largo precipizio che scende forse alla profondità di centinaja di metri; il campo di neve è tutto piano e pare inviti a passeggiarvi sopra; ma che si ponga il piede sull'abisso nascosto senza avere prudentemente scandagliata la neve, e la massa può affondare ad un tratto coll'infelice che essa regge. Casi di tal sorta si ripetono ogni anno nelle montagne.

Non possiamo a meno di sentire certo timore quando ci troviamo sul ghiacciajo al momento in cui spalancasi un crepaccio. Il fiume di ghiaccio, dice E. Reclus, si pone a crepitare ed a mugghiare; sorde detonazioni cagionate da improvvise rotture, si fanno udire a quando a quando nello spessore della massa, mentre un lungo stridore, simile a quello

del vetro tagliato dal diamante, annunzia l'aumento graduale della fenditura. Allargandosi a poco a poco, questi crepacci offrono uno spettacolo che atterrisce. Le due pareti turchiniccie si perdono nelle tenebre inscandagliabili; le pietre che cadono dalla superficie rimbalzano sulle sporgenze, poi scompajono nell'oscurità risvegliando sordi echi; un vago mormorio di acqua corrente s'inalza dalle profondità, e talvolta acri soffî d'aria freddissima escono dall'abisso; chi piegasi al disopra della

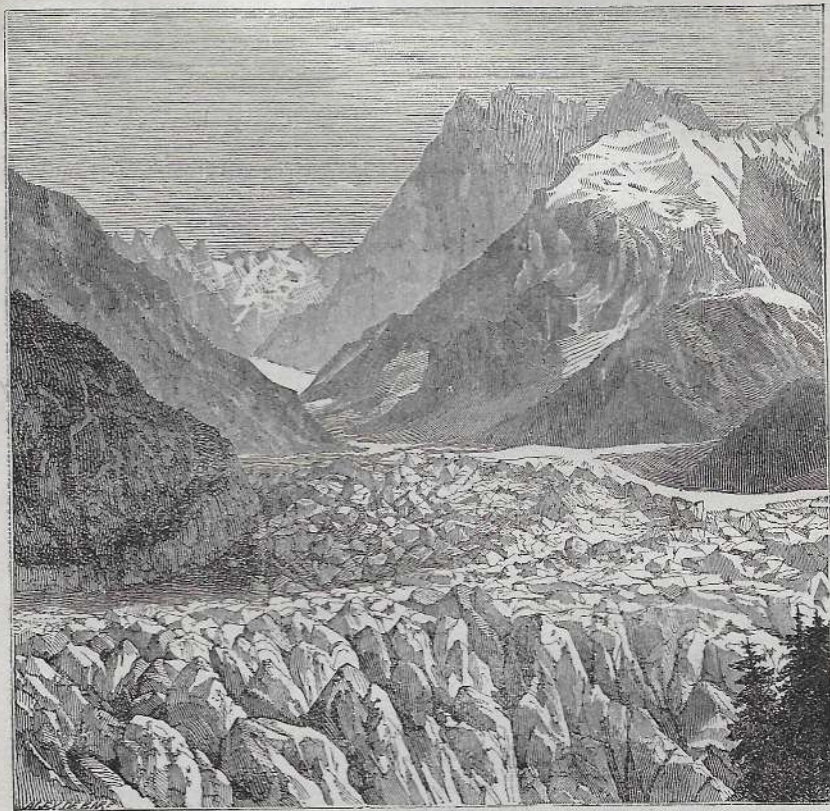



Fig. 139. — Mare di ghiaccio.

spalancata apertura, sente una specie di terrore, quasichè i rumori e le tenebre dell'abisso fossero quelle d'un mondo misterioso e terribile.

Nelle Alpi della Svizzera francese si dà il nome di *morene* ad ammassi di roccia, di sabbia e di frantumi che si vedono lungo i margini, all'estremità superiore o sulla superficie stessa d'un ghiacciajo. Sono prodotte dagli scoscendimenti delle montagne che le dominano. La loro grandezza varia secondo la frequenza delle valanghe nelle diverse valli, la natura delle roccie onde queste valanghe sono formate, la forma

del ghiacciajo, ecc., ma in generale esse aumentano mano mano che si avvicinano alla estremità inferiore del ghiacciajo.

Nelle Alpi cadono circa 18 metri di neve all'anno, equivalenti ad uno strato di 2^m,30 di ghiaccio. In queste alte regioni, il calore solare non è sufficiente per fondere simile quantità d'acqua solida; v'ha dunque ogni anno un residuo di ghiaccio che forma il nucleo de' ghiacciaî. Sovrapposti sempre nello stesso luogo, gli strati annuali formerebbero infine vere montagne. Supponendo che in un punto determinato, preso sopra la linea delle nevi, lo strato aggiunto ogni anno sia d'un metro, tale deposito aggiunto sempre a sè stesso durante il breve periodo dell'èra cristiana, formerebbe oggi un'elevazione di 1886 metri. E se l'accumulamento medesimo, invece di cominciare coi tempi storici, risalisse fino alle età geologiche, l'altezza della neve sovrappostasi supererebbe la nostra imaginazione. È evidente che un accumulamento di tal genere non si verifica, e che la quantità di neve delle montagne non ammonta nella proporzioue da noi dianzi accennata. Per una ragione o per un'altra non è permesso al Sole di togliere l'Oceano al suo bacino, nè di ammucchiare le sue acque in modo permanente sulle montagne.

Ma in qual maniera tale eccesso annuo di peso vien tolto dalle spalle delle montagne? Dal Sole stesso e dalle meteore. L'astro che inalza i vapori dell'Oceano fino alle sommità aeree, incaricasi del pari di ricondurre le acque superiori nel grande serbatojo marittimo. Esso ne scioglie una parte. Le pioggie e le tepide nebbie, che i venti portano sui fianchi delle montagne, gli sono d'energico ajuto. I venti freddi vi contribuiscono egnalmente sollevando le nevi in turbini e facendole ricadere sui versanti inferiori, dove la temperatura media è più alta. Ogni violento uragano invernale porta via milioni di metri cubi di neve dalle creste delle alte montagne, come si può vederlo dal basso, allorquando le cime sferzate dal vento fumano come crateri e gli strati polverosi si disperdono in turbini. Tuttavia i venti caldi ed asciutti fanno ancor più delle tempeste per diminuire le masse di neve che pesano sulle cime. Così il vento del mezzogiorno, dai montanari chiamato *fœhn*, scioglie o fa evaporare talvolta in dodici ore uno strato di neve alto $^3/_4$ di metro; « mangia la neve », dice il proverbio, e riconduce la primavera sulle alture. Il *fœhn* è, dopo il sole, il principale agente climaterico delle Alpi.

D'altra parte le nevi ed i ghiacci non rimangono immobili, ma scendono, scivolando ed a gradi quasi insensibili, lungo i pendii. Mano mano che uno strato s'aggiunge ad un altro, le porzioni più profonde della massa si comprimono e si consolidano; gli strati inferiori sono premuti dal peso degli strati superiori, e se posano sovra un pendìo, cedono allo sforzo che li spinge e tentano di discendere.

Nello stesso tempo, il ghiacciajo scivola sul suo letto inclinato. Scende in masse sui fianchi della montagna, smussando le asperità delle roccie, e lisciandone le dure superficie. Lo strato inferiore di tale potente lisciatojo è parimenti scavato e solcato dalle roccie su cui passa; ma, nello scendere, la massa completa di neve ghiacciata entra in una regione più calda, è fusa in maggior abbondanza, e talvolta, prima di aver tocca la base della costa, è interamente troncata o ridotta a nulla dalla fusione. Talora puranche, larghe e profonde valli ricevono la massa gelata così spinta al basso Dopo essersi consolidata in queste valli, la massa continua a discendere con una lentezza che si può misurare, imitando essa ne' movimenti il corso d'un fiume. Viene così condotta sotto i confini delle nevi perpetue, finchè la perdita al basso uguaglia e compensa quanto ha guadagnato in alto; in tal punto il ghiacciajo cessa.

Il movimento di traslazione d'un ghiacciajo non è lo stesso in tutte le sue parti. Le diverse sezioni sono animate da velocità particolari. La linea mediana, ove lo spessore e il pendio sono maggiori, si muove con più rapidità. I margini, dove la massa è più sottile e dove lo stropicciamento produce una sensibile resistenza, si muovono più lenti. Agassiz e Desor hanno misurato in modo preciso la quantità di movimento delle diverse parti del ghiacciajo dell'Aar, piantando alla sua superficie, pel verso della lunghezza, alcune serie di piuoli bene allineati, di cui potevano osservare il cammino, confrontandoli con oggetti fissi delle circostanti roccie.

Una serie di piuoli piantati sopra una linea retta trasversale, lunga 1350 metri, descriveva al volgere d'un anno una curva sempre più convessa. Disponendo i piuoli sulla linea mediana del ghiacciajo, i fisici svizzeri hanno riconosciuto che le parti medie percorrono da 70 a 77 metri all'anno, mentre la scarpa finitima o ghiacciajo non si avanza che di 30 metri, e la parte superiore di 40 metri circa.

Una scala lasciata da Saussure nel 1788 al piede dell'aguglia Nera, nel tempo della sua ascensione al monte Bianco, fu ritrovata nel 1832 alla distanza di 4350 metri a valle. La scala era dunque discesa durante i quarantaquattro anni con una velocità media di 99 metri all'anno, e di 27 centimetri al giorno. Un sacco caduto nel 1836 in un crepaccio del ghiacciajo di Talèfre, e ritrovato dieci anni dopo, aveva camminato più rapidamente della scala di Saussure, che aveva percorso 129 metri all'anno, ossia più di 35 centimetri in ventiquattr'ore. Tuttavia questi oggetti non possono servire a misurare la velocità reale del ghiaccio, poichè bisognerebbe sapere in modo positivo se essi si trovano nella parte centrale o sulle sponde della corrente di ghiaccio, nel mezzo o vicino al fondo. Checchè ne sia, alcuni calcoli approssimativi indurrebbero a credere che la neve caduta sul colle del Gigante impieghi circa

centoventi anni per arrivare, trasformata in ghiaccio, all'estremità inferiore del ghiacciajo dei Bossons.

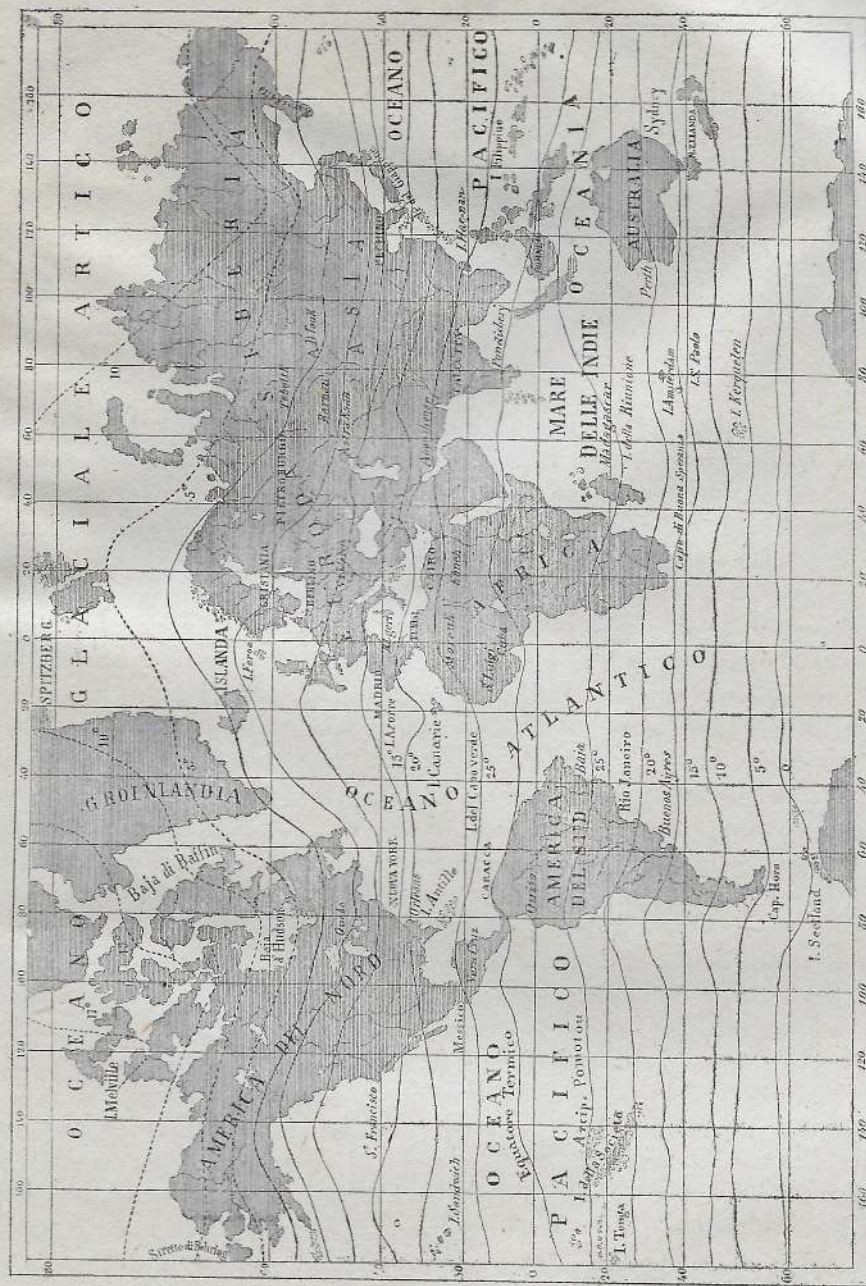
Alcuni avanzi umani, disgraziatamente, hanno pure servito a determinare il movimento dei ghiacciaî. Nel 1861, nel 1863 e nel 1865 il ghiacciajo dei Bossons ha restituito le reliquie di tre guide cadute, nel 1820, nel primo crepaccio che si spalancò alla base del monte Bianco. Tali cadaveri hanno dunque percorso, durante un periodo di più di quarant'anni, uno spazio di 6 chilometri circa; scendevano nella misura di 140 a 150 metri all'anno. Un ghiacciajo più lento delle Alpi austriache, che si estende all'Ahrenthal, verso il 1860 ha restituito un cadavere bene conservato, ancora vestito di un abito il cui taglio antico è abbandonato da secoli dai montanari.

Gli eroi del ghiacciajo, dice Michelet, sono stati pure i suoi martiri. Mercè loro, specialmente, è stato riconosciuto il suo moto progressivo. Essi l'hanno misurato col loro corpo. Giacomo Balmat fu inghiottito nel 1834, Pietro Balmat nel 1820; i loro avanzi respinti dalle falde del ghiacciajo, nel 1861, dimostrarono ch'essi compirono la discesa in quarant'anni. Le misere reliquie che vedonsi al museo d'Annecy commovono assai, quando si riflette che questa famiglia eroica non solo salì per la prima alla vetta, ma constatò per sua mala ventura la legge dei ghiacciaî, la loro evoluzione regolare, che apre un nuovo orizzonte.

Tali sono i ghiacciaî considerati nella struttura, nel modo di formazione, nel lavorìo meteorologico. Sono questi i caratteri principali delle eminenti montagne che arrestano le acque del cielo per distribuirle alle nazioni della Terra.

Per apprezzare quanto è possibile l'aspetto della natura terrestre nell'altezza dell'atmosfera rarefatta, possiamo seguire i viaggiatori che si sono portati fin colassù in ascensioni scientifiche, e con essi considerare il panorama che loro è stato dato di contemplare. Siccome i primi tentativi sono quelli che più ci colpiscono, fra le numerose ascensioni fatte da quasi un secolo alla cima del gigante dell'Europa, scegliamo la prima di tutte, quella del celebre Orazio Benedetto di Saussure.

Dal 1760 al 1787, l'instancabile naturalista aveva promesso grosse mercedi alle guide del paese che potessero trovare un sentiero praticabile per andar sulla vetta del monte Bianco. Nel 1765, quattro guide di Chamounix vi si attentarono con molta perseveranza, ma furono respinte dalle fatiche. Nel 1783, tre altre guide ricominciarono gli stessi tentativi senza poter riuscire. Mercè le indicazioni di due cacciatori, che erano saliti a grande altezza inseguendo i camoscî, un cantore della cattedrale di Ginevra, il naturalista Pietro Bourrit, fece tre quarti della strada senza toccare la vetta. In fine nel 1876, la guida Giacomo Balmat, di prodigiosa accortezza, giunse a toccar la cima, a 4810 metri sul livello del mare, 3000 sopra Chamounix, percorrendo un sentiero sco-

CARTA GENERALE DELLE LINEE ISOTERMICHE

(Veggasi capitolo VII, pagina 380).

perto da lui dopo lunghe ricerche, ed insieme al suo medico, dottor Picard.

Dopo lunghi ed inutili tentativi, nel 1785 e 1786, con Bourrit e Balmat, al 1° agosto 1887, Orazio di Saussure mandò ad effetto il piano già da tanto tempo da lui ideato. Egli era accompagnato da Giacomo Balmar, come guida principale, da 17 altre guide o portatori e dal suo domestico. A dispetto del desiderio di suo figlio, ei lo lasciò a Chamounix per fare delle osservazioni corrispondenti a quelle che egli proponevasi di compire sulla vetta della montagna. Ma lasciamo che lo scienziato autore racconti egli stesso le impressioni dell' ardito viaggio:

Per essere perfettamente libero sulla scelta dei luoghi ove passare le notti, egli dice, feci portare una tenda, e la prima sera andai a dormire sotto di essa, in cima alla montagna del versante. Questa giornata è esente da pericoli o da fatica; si cammina sempre sull'erba o sulla roccia, e la via si compie facilmente in cinque o sei ore. Ma di là fino alla vetta, più non si va che sul ghiaccio o sulle nevi.

La seconda giornata non è delle più facili. Bisogna dapprima attraversare il ghiaccio della costa per giungere al piede di una piccola catena di roccie incastrate nelle nevi del monte Bianco. Questo ghiacciajo è difficile e pericoloso. È interrotto dai crepacci larghi, profondi, irregolari, e spesso non si possono superare che con ponti di neve talvolta esilissimi e sospesi sugli abissi. Poco mancò che una mia guida vi perisse. Il giorno innanzi essa era andata con altre due per riconoscere il passaggio; fortunatamente avevano avuto la precauzione di legarsi gli uni agli altri colle corde; la neve si ruppe sotto di lui e in mezzo ad una profonda e larga fenditura, onde rimase sospeso fra i suoi due compagni. Passammo vicino all' abisso spalancatosi sotto quell'uomo e fremetti alla vista del pericolo corso. Il passaggio di questo ghiacciajo è sì difficile e tortuoso, che ci abbisognarono tre ore per andare dall'alto della costa fino alle prime roccie della catena isolata, quantunque non vi sia più di un quarto di lega in linea retta.

Alle 4 pom. giungemmo al secondo de' tre grandi spianati di neve che dovevamo attraversare. Vi ci fermammo per passarvi la notte.

Le guide attesero dapprima ad esaminare il posto; ma ben presto sentirono l'effetto della rarezza dell'aria (il barometro era a 17 pollici e 10 linee). Quegli uomini robusti, per i quali sette od otto ore di cammino non sono assolutamente nulla, non avevano sollevate cinque o sei palate di neve ch' erano già nell'impossibilità di continuare; ad ogni momento si sostituivano. Uno di essi, ritornato indietro per mettere nel barile dell'acqua da noi veduta in una fessura, svenne nell'andarvi, ritornò senz'acqua e passò la notte nell'angoscia più penosa. Io stesso, sì abituato all'aria delle montagne, che vi sto meglio che al piano, mi sentivo rotto dalla fatica nel preparare gli strumenti di meteorologia. Tale malessere ci metteva una sete ardente, e non potevamo aver acqua che facendo squagliare la neve, poichè l'acqua da noi veduta nel salire la trovammo gelata quando volemmo ri-

tornarvi ed il piccolo fornello a carbone che avevo fatto portare serviva troppo lentamente a venti persone assetate.

Dal mezzo di questo spianato, chiuso fra l'ultima cima del monte Bianco, a mezzogiorno, i suoi alti scaglioni di levante e l'aguglia del Gouter a ponente, non si vedono, si può dire, che nevi; esse sono pure di bianchezza abbagliante, e sulle alte cime formano il più bizzarro contrasto col cielo quasi nero di sì alte regioni. Non si scorge alcun essere vivente, alcuna apparenza di vegetazione, è il soggiorno del freddo e del silenzio. Quando mi figuravo il dottor Picard e Giacomo Balmat giunti per i primi al cader del giorno in tali deserti, senza ricovero, senza soccorso, senza aver nemmeno la certezza che gli uomini potessero vivere nei luoghi ov'essi pretendevano di andare, e procedenti sempre avanti con intrepidezza, ammiravo la loro forza d'animo e il loro coraggio.

Le mie guide, sempre in timore pel freddo, chiusero sì ermeticamente tutte le commessure della tenda, che soffersi molto pel caldo e l'aria viziata dalla nostra respirazione. Fui costretto ad uscire nella notte per respirare. La luna era in tutto il suo splendore in mezzo ad un cielo nero come l'ebano. Giove usciva così tutto raggiante, dalle spalle del più alto cocuzzolo, all'est del monte Bianco, e la luce riverberata da tutto questo bacino di neve era sì abbagliante che si potevano appena distinguere le stelle di prima e seconda grandezza. Cominciavamo finalmente ad addormentarci, quando fummo risvegliati dallo strepito di una grande valanga che coperse parte del pendio che dovevamo salire all'indomani. Allo spuntar del giorno il termometro era a 3 gradi sotto il punto di congelazione.

Noi non partimmo che tardi, perchè si dovette far liquefare la neve per la colazione e per la strada; non appena disciolta veniva bevuta, e quegli uomini che custodivano religiosamente il vino da me fatto portare, mi rubavano sempre l'acqua che mettevo in serbo.

Cominciammo a salire al terzo ed ultimo altipiano, poi tenemmo la sinistra per arrivare sulla roccia più alta, a levante della cima. L'ascesa è ertissima, in certi punti di 39°; ovunque mette capo a precipizî, e la superficie della neve era sì dura, che gli uomini che precedevano non potevano aver sicuro il passo senza romperla coll'ascia. Impiegammo due ore a salire il pendio, alto circa 250 tese. Giunti all'ultima roccia, ripigliammo a destra, a ponente, per salire l'ultima costa, la cui altezza perpendicolare è presso a poco di 150 tese. Questa costa è inclinata solo da 28° a 29°, e non presenta alcun pericolo; ma l'aria vi è sì rara, che le forze sono prontamente esaurite; presso la cima, io non potevo fare che quindici o sedici passi senza ripigliar fiato; a quando a quando provavo inoltre un principio di svenimento che mi costringeva a sedermi; ma mano mano che ristabilivasi la circolazione, sentivo rinascere le forze; mi pareva, rimettendomi in cammino, di poter salire ad un tratto fino alla sommità della montagna. Tutte le mie guide, tenuto calcolo delle forze loro, erano nello stesso stato. Noi impiegammo due ore dall'ultima roccia fino alla cima, e quando vi giungemmo erano le undici.

I miei primi sguardi si portarono su Chamounix, ove sapevo che mia moglie e le sue sorelle, coll'occhio fisso nel telescopio, stavano seguendo tutti i miei passi con

un'inquietudine troppo grande al certo, ma non meno crudele, e provai un sentimento dolce e consolante ad un tempo quando vidi sventolare la bandiera ch'esse mi avevano promesso d'inalberare nel momento in cui, vedendomi giunto alla sommità, i loro timori avessero almeno fatto tregua.

Allora potei tranquillamente godere del grande spettacolo che avevo sott'occhio. Un leggiero vapore sospeso nelle regioni inferiori dell'aria mi sottraeva dalla vista gli oggetti più bassi e più lontani, come le pianure della Francia e della Lombardia; ma tal perdita non la rimpiangevo molto; ciò che vidi colla maggior chiarezza, fu l'insieme di tutte le alte vette di cui da tanto tempo desideravo conoscere la disposizione. Non prestavo fede ai miei occhi; parevami di sognare quando vedevo sotto ai miei piedi quelle maestose cime, quelle immani aguglie, il Mezzodì, l'Argentiera

Fig. 141.

il Gigante, le cui basi perfino erano state per me di tanto difficile e pericoloso accesso. Io comprendevo i loro rapporti, il loro legame, la loro struttura, ed un solo sguardo toglieva dei dubbi cui anni ed anni di lavoro non erano bastati a dissipare.

Intanto le guide rizzavano la mia tenda ed apparecchiavano il tavolino sul quale dovevo fare delle esperienze. Ma quando fui a disporre gl'istrumenti, ad ogni istante ero costretto d'interrompermi per occuparmi soltanto di respirare. Se si considera che il barometro lassù era a 16 pollici ed 1 linea, e che quindi l'aria aveva poco più della metà della densità ordinaria, si comprenderà che bisognava supplire alla densità colla frequenza delle respirazioni. Ora questa frequenza accelerava il moto del sangue, tanto più che le arterie non trovavano al di fuori una pressione uguale a quella che comunemente sopportano. Onde avevamo tutti la febbre.

Però io stetti sulla cima fino alle tre e mezzo, e quantunque non perdessi un solo momento, in queste quattro ore e mezzo non potei fare tutte le esperienze

che sì spesso ho compiute in meno di tre ore al livello del mare. Con cura per altro attesi alle più essenziali.

Lasciato quel magnifico bel vedere, in tre quarti d'ora scesi alla roccia che forma la spalla a levante della cima. La discesa di questo pendìo, la cui salita era stata sì faticosa, fu facile e gradevole. Ma così non fu della discesa che dall'alto della spalla conduce allo spianato sul quale avevamo dormito. La grande e pericolosa ripidezza, lo splendore insoffribile del sole riverberato dalla neve, che ci feriva gli occhi e faceva sembrare più terribili i precipizî rischiarati sotto i nostri passi, la rendevano infinitamente penosa. D'altra parte, quanto la camminata della mattina era stata difficile per la durezza della neve, altrettanto la mollezza di questa, prodotta dall'ardore del sole, c'incomodava la sera, perchè sotto la sua superficie cedevole trovasi sempre il fondo duro e sdrucciolevole.

Siccome a tutti non garbava punto la discesa, alcune guide, mentre facevo le mie osservazioni sulla cima, avevano cercato qualche altro passaggio; ma le loro ricerche erano state vane, ond'è che nello scendere dovemmo tenere la strada percorsa nel salire. Passammo vicino al luogo ove, se non dormito, avevamo riposato la notte precedente, e ci spingemmo un'altra lega più lontano, fino alla roccia presso la quale ci eravamo fermati nel salire. Mi determinai a passarvi la notte.

Contemplai l'ammasso delle nubi che ondeggiavano sotto i nostri piedi, al disopra delle valli e delle montagne meno alte di noi. Queste nubi, invece di presentare superfici piane, come si vedono dal basso all'alto, offrivano forme assai bizzarre, torri, castelli giganti, e sembravano sollevate dai venti verticali, che partivano da diversi punti del paese situato al disotto. Sopra tutte queste nubi vedevo l'orizzonte listato di un cordone composto di due nastri, l'inferiore rosso nericcio, il superiore più chiaro, e da cui pareva s'inalzasse una fiamma di un bel color aurora, ineguale, trasparente a diverse gradazioni.

Cenammo allegramente e con appetito, poscia passai sul materasso una notte eccellente. Fu allora soltanto che godetti il piacere di aver mandato a compimento un piano formato da ventisette anni, nel mio primo viaggio a Chamounix, nel 1760, piano tante volte abbandonato e ripreso, e che era per la mia famiglia un continuo motivo d'inquietudine. Nel silenzio della notte, dopo aver riposato, quando ricapitolavo le osservazioni da me raccolte, quando sopratutto mi ritracciavo dinanzi agli occhi il magnifico quadro delle montagne, che portavo impresso nella testa e mi si destava la speranza ben fondata di finire sul colle del Gigante ciò che non avevo fatto e che probabilmente non si farà mai sul monte Bianco, io assaporavo una morale soddisfazione.

Il 4 agosto, quarto giorno del viaggio, partimmo soltanto verso le 6 ant. In seguito fummo obbligati ad attraversare un largo crepaccio sopra un ponte di neve sì sottile, che nei margini era grosso appena tre pollici: una guida che si scostò alquanto dal mezzo, ove la neve era più grossa, lasciò cadere una gamba nel vuoto. Entrando poi sul ghiaccio che dovevamo attraversare, lo trovammo cambiato in queste ventiquattr'ore al punto di non poter riconoscere la strada da noi seguita nel salire; i crepacci, i ponti si erano rotti; spesso, non trovando uscita, fummo

obbligati di rifare i passi; più spesso ancora dovemmo servirci della scala per attraversare crepacci che sarebbe stato impossibile di varcare senza ajuto. Mentre stavo per toccare l'altro ciglio, il piede sfuggì ad una guida, che scivolò fino all'orlo di una fenditura ove per poco non cadde, e dove perdette un bastone della mia tenda. In tale spaventoso istante, un enorme pezzo di ghiaccio cadde in una fessura con un fracasso che fece tremare il ghiacciajo. Ma finalmente giungemmo alla roccia alle nove e mezzo della mattina, liberi da ogni pericolo. Impiegammo soltanto due ore e tre quarti per andare al priorato di Chamounix, ove ebbi la soddisfazione di ricondurre tutte le guide in perfetta salute.

Il nostro arrivo fu ad un tempo allegro e commovente. Tutti i congiunti e gli amici delle guide venivano ad abbracciarli e a complimentarli sul loro ritorno. Mia moglie, le mie sorelle ed i miei figli, che avevano passato insieme a Chamounix un tempo lungo e penoso in attesa di questa spedizione, parecchi amici venuti da Ginevra per assistere al nostro ritorno, esprimevano in tal felice momento la loro soddisfazione, resa più viva e più commovente dai timori che l'avevano preceduta, secondo la parte che prendevano a ciò che ci riguardava. Dopo alcune osservazioni comparative, ritornammo tutti felicemente a Ginevra, donde rividi il monte Bianco con vero piacere e senza provare quel senso d'inquietudine che dapprima mi cagionava.

È questa la prima ascensione che sia stata fatta sul monte Bianco, ascensione metodica e completa, e di cui quella di Balmat e di Picard non era, in certa guisa, che un tentativo precursore. In appresso, se ne sono succedute più centinaja, ed oggi non se ne contano meno di una quarantina ogni anno. Perfino i fotografi si sono inalzati alla vetta ed hanno preso varie vedute, delle quali la figura 143 offre uno *specimen*. Il maggior numero di queste ascensioni sono state fatte da viaggiatori che mettono la vita loro in pericolo per semplice curiosità e senza alcun interesse scientifico. Un piccolissimo numero, come per esempio quelle de' signori C. Martins, Bravais e Lepileur, nel 1844, meritano di essere inscritte a fianco di quella di Saussure come contribuzione al progresso delle umane cognizioni. Diverse terribili catastrofi si fanno ricordare cagionate al solito dalla temerità a dall'imprudenza. Ma tra le più memorabili è quella del 20 agosto 1820, condotta dal dottor Hamel, malgrado la neve caduta di fresco, e nella quale tre guide furono inghiottite nella grande fenditura che vedesi alla base della vetta del monte Bianco. Nel 1845, l'importante ascensione dei signori Desor, Dollfus-Ausset e Daniele Dollfus fu terminata da uno scoscendimento, nel quale quest'ultimo andò debitore della vita ad una piccola sporgenza di roccia, sulla quale la valanga lo lasciò durante la sua formidabile caduta. Nel 1864 l'ascensione del signor Tyndall al picco di Morteratsch fu chiusa da una valanga simile, senza che alcuno vi perisse. Così non fu nella catastrofe del monte Cervino,

nel 1865. Sette viaggiatori eransi arrampicati fino al cocuzzolo di questo picco pontuto, e per ridiscendere eransi legati, come al solito, ad una lunga corda. Messo un piede in fallo, il secondo della fila cadde sul primo, poi il terzo, poi il quarto, e di precipizio in precipizio scesero

Fig. 142 — Le valanghe.

a capo fitto, per non fermarsi che alla profondità di 4000 piedi. I tre ultimi ebbero il tempo di conficcare nel ghiaccio i bastoni ferrati, e di puntellarvisi con tutte le loro forze: la corda si ruppe ed essi furono salvi: ma gli altri quattro, fra cui lord Douglas, erano frantumati.

Lo scioglimento delle nevi cagiona talvolta spostamenti del centro di gravità delle grandi masse, che allora precipitano dai fianchi delle montagne urtando con violenza contro tutti gli ostacoli che si oppon-

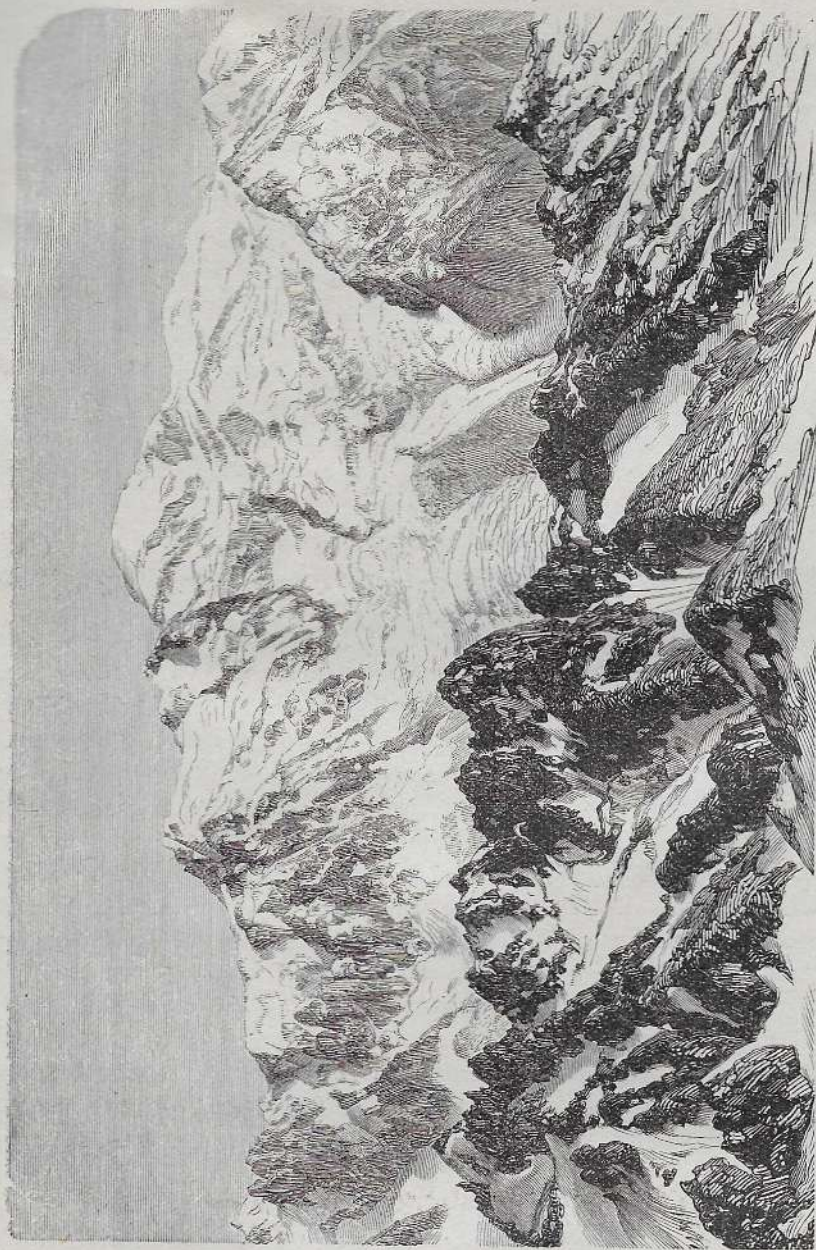



Fig. 143. — Il Monte Bianco.

gono alla loro caduta accelerata. Sono le *valanghe,* alcune delle quali, troppo memorabili, hanno distrutto villaggi interi e seppellito tranquille popolazioni sotto le loro ruine. La maggior parte delle cadute delle nevi avvengono con grande regolarità, cosicchè il vecchio montanaro, abile nell'interpretare i segni del tempo, può spesso annunciare, alla vista delle superficie nevose, in quale ora avverrà lo scoscendimento. La via delle valanghe è tracciata sui fianchi delle montagne. I massi nevosi che si staccano dai pendii superiori, si precipitano nei letti inclinati loro offerti dagli scaglioni, scendono come a lunghe striscie, poi, giunti al burrone, si estendono su larghi rialzi di detriti. La maggior parte dei monti sono così rigati da solchi verticali, ove di primavera s'inabissano le cadenti masse.

Sui rapidi pendii, le nevi scivolano dagli scoscendimenti, si accumulano contro gli ostacoli e nelle parti meno erte, poi, quando hanno bastante forza d'impulso, crollano infine con grande strepito e precipitano nelle profondità delle gole. La corsa di ogni valanga varia secondo la forma della montagna. Sugli scoscendimenti a picco, le nevi delle terrazze superiori precipitano direttamente negli abissi che si spalancano al disotto. In primavera ed in estate, allorquando i bianchi tappeti, rammolliti dal calore, si staccano d'ora in ora dalle alte cime, il viaggiatore immobile su qualche promontorio vicino contempla con ammirazione quelle cateratte improvvise che si precipitano dagli estremi cocuzzoli. Vedesi dapprima l'enorme strato di neve slanciarsi quasi cateratta e precipitare sugli scaglioni inferiori: turbini di neve polverosa s'inalzano da lungi nell'aria, indi, quando la nube si è dissipata, e che sullo spazio regna l'usata pace solenne, odesi d'improvviso il tuono della valanga, che in sordi echi si ripercuote nelle cavità delle gole, sì che la si direbbe la voce della montagna.

Nell'economia dei monti, siffatti scoscendimenti di neve sono fenomeni non meno regolari e normali dello scolo delle pioggie nei fiumi, e fanno parte del sistema generale della circolazione delle acque in ogni bacino. Ma a motivo della sovrabbondanza delle nevi, di uno squagliamento troppo rapido o di qualsivoglia altra cagione meteorologica, certe valanghe eccezionali, analoghe alle inondazioni dei fiumi straripati, producono effetti disastrosi, devastando i coltivi dei pendii inferiori od anche inghiottendo villaggi interi. Insieme alle cadute delle roccie, queste catastrofi sono i più temuti avvenimenti della vita delle montagne.

« Le valanghe conosciute sotto il nome di valanghe polverose sono le più paventate dagli abitanti delle Alpi, aggiunge E. Reclus, non solo a cagione delle devastazioni dirette, ma anche per le trombe che spesso le accompagnano. Allorchè nuovi strati di falde ancora non aderiscono alle nevi antiche ch'essi ricoprono, basta talvolta il passaggio d'un ca-

moscio, della caduta d'un ramo o perfino d'una semplice eco, per rompere l'equilibrio. La valanga movesi lentamente scivolando sulle masse indurite, poi, dove l'inclinazione del suolo favorisce, si precipita con più rapido moto. Di continuo ingrossata dagli altri strati di neve e dai frantumi, dalle pietre, dal seccume dei rami ch'essa trascina, passa sulle cornici e sulle scarpe, spezza gli alberi, rade al suolo i *châlets* che si trovano sul suo passaggio, e, simile ad un pezzo di montagna che crolla, precipitasi nella valle per risalire sul versante opposto. Intorno alla valanga, la neve polverosa si inalza in larghi turbini, l'aria mugge a destra ed a sinistra, in uragani che scuotono le roccie e sradicano gli alberi. Sono stati veduti migliaja di tronchi rovesciati dal solo vento della valanga, quando questa aprivasi da sè una larga via attraverso intere foreste, e divorava nel passare i casali della valle. »

Le foreste che dominano certi villaggi delle Alpi sono le sole che li preservino contro i terribili effetti delle valanghe. E però è severamente proibito di abbattere un solo albero. Se queste foreste venissero distrutte per una causa qualunque, gli abitanti dei villaggi che esse proteggono si vedrebbero costretti ad andarsi a stabilire altrove. In un gran numero di luoghi meno esposti, si costruiscono sopra le chiese o le case specie di bastioni di pietra. Infine gallerie costruite a vòlta e atte a resistere ad un urto violento, mettono i viaggiatori al sicuro nei passaggi più pericolosi delle strade costruite nel secolo attuale sulle Alpi. Non passa anno però che queste valanghe, o tormente della neve, non costino la vita a qualche infelice viaggiatore.

LIBRO QUARTO

IL VENTO

CAPITOLO I.

Il vento e la sua causa.

CIRCOLAZIONE GENERALE DELL'ATMOSFERA. — I VENTI REGOLARI E PERIODICI. ALISEI. — MONSONI. — BREZZE.

Il libro precedente ci ha fatto apprezzare il valore del calore solare, e gli effetti che direttamente produce sulle stagioni e sui climi. Noi ora veniamo allo studio delle grandi correnti dell'atmosfera e dei mari, che sono esse stesse la manifestazione incessante dell'azione del Sole sul nostro pianeta. Senza di esso l' atmosfera rimarrebbesi immobile intorno al globo, pesante, fredda, morta, avviluppando la Terra in un vero lenzuolo, non mai agitato nè da un soffio, nè da una brezza, ricettacolo di tutti i miasmi, avvelenata e deleterica. Per essa un' immensa circolazione è stabilita da un capo all'altro del mondo che rimuove tutti gli strati, che spazza via tutte le esalazioni funeste, che fa succedere una freschezza rigeneratrice ai calori opprimenti, i tepidi effluvî primaverili ai freddi dei periodi ghiacciati, che dissemina ovunque la ricchezza, la fecondità, la vita, che in una parola fa respirare a tutti gli esseri il suo soffio materno e sempre puro.

Che cos'è il *vento?* In questa parte della presente opera e nella seguente sulle nubi e sulle pioggie, pigliamo i dati generali della meteorologia, poichè le correnti da una parte, e dall'altra l'azione dell'acqua nell'atmosfera, formano i due maggiori centri di gravità sui quali si equilibra il corso del tempo, lo stato meteorologico delle stagioni e degli anni. Qui specialmente importa che abbiamo basi definite per le

nostre cognizioni, e che sappiamo renderci esatto conto del meccanismo generale di questa gigantesca officina, distributrice dei beni e dei mali sui campi della Terra e sulle generazioni viventi. La meteorologia non giungerà mai a sostenere il confronto colla sua sorella primogenita l'astronomia, cioè ad essere basata su principî conosciuti ed a permettere alla scienza di annunciare i movimenti dell'atmosfera, i venti, le pioggie, le siccità e le tempeste, come annunzia le rivoluzioni degli astri, se non dal giorno in cui potremo abbracciare con un solo sguardo la circolazione generale che si effettua costantemente sul globo intiero e dà origine alle diversità locali in cui le regioni, così come le epoche, sono divise.

Che cosa è il vento?

Il vento è *una quantità qualunque d'aria messa in moto da un'alterazione nell'equilibrio dell'atmosfera.*

Le temperature ineguali, a cui sono certamente sottoposte le diverse parti dell'atmosfera, rarificano ciascuna di queste parti in modo diverso Quando l'aria è scaldata, il suo peso diminuisce ed essa tende ad alzarsi; mentre l'aria fredda, che è rimasta più densa, determina, nel prendere il suo posto per ristabilire l'equilibrio, una corrente d'aria chiamata *vento.*

Supponiamo un istante l'atmosfera assolutamente tranquilla ovunque. Una nube passa sul Sole, l'aria posta sul passsaggio della nube è rinfrescata e subisce una condensazione. Divenuta più densa quest'aria cerca ora di mettersi in equilibrio; un primo spostamento si opererà nel senso del viaggio della nube, ed ecco una corrente d'aria fresca, la cui tendenza sarà di occupare al più presto possibile il posto dell'aria più calda, più dilatata che l'avvicinerà.

Le grandi correnti dell'atmosfera i venti generali e particolari, non sono altro che la ricerca infaticabile dell'equilibrio, di continuo distrutto dalle varie influenze del sole. Questo è quanto a bella prima constateremo, estendendo alla superficie intiera del globo il piccolo esempio che precede.

In qual modo si comporteranno due porzioni contigue dell'atmosfera, se vengono scaldate diversamente?

La difficoltà del problema da ciò dipende, che in mezzo ad un'aria pura l'occhio non può afferrare alcun punto di riscontro atto a svelargli il senso dello spostamento degli strati. Pure, si è ottenuta la soluzione di certi limiti.

Per determinare in qual maniera si frammischiano le atmosfere di due sale inegualmente riscaldate, Franklin ideò di far girare una candela a tutte le altezze; dall'uscio di comunicazione, al basso, vicino al pavimento, la fiamma indicava una corrente diretta dalla sala fredda verso la sala calda. Nella parte superiore, la fiamma, piegandosi in senso

inverso, indicava una corrente diretta dalla sala calda verso la sala fredda. A certa altezza, tra queste due posizioni estreme, l'aria pareva stazionaria.

Così, se in un punto della superficie della Terra havvi una cagione di riscaldamento, la colonna d'aria sovrapposta s'inalza, una corrente inferiore si dirige verso la parte calda, e la colonna d'aria scaldata fornisce una corrente superiore, che ha un moto inverso, o diretto dal luogo caldo verso il luogo freddo.

Coloro che hanno dimorato nelle regioni calde, sulla riva del mare, sanno che ogni giorno, ad una data ora (le nove o le dieci antimeridiane) soffia dal mare verso la terra un vento, *una brezza di mare;* questo vento, atteso con impazienza dagli abitanti, rinfresca l'atmosfera nella maggior parte della giornata fin verso le cinque o le sei pomeridiane. La cagione di questo vento trovasi facilmente coll'appoggio dell'esperienza di Franklin; esso infatti dipende dagli ineguali riscaldamenti che l'azione dei raggi solari fa provare alle terre continentali ed all' Oceano.

Ogni giorno, allorquando a cominciare dalle 9 antim., la temperatura della costa principia a superare la temperatura media, che è sempre presso a poco quella del mare, l'aria che riposa su quest' ultimo soffia verso la terra. Dopo le 9 pom., all'opposto, quando la temperatura della costa è ricaduta sotto la media, l'aria rifluisce dalla terra verso il mare. Alla brezza del mare o della mattina succede così ogni giorno, dopo alcune ore di calma, la brezza della sera o di terra. Fatta eccezione delle maree, i battelli possono approfittare di questi due venti per entrare nei porti o per uscirne.

Le brezze cessano di farsi sentire a breve distanza dalle coste, ed in loro vece regnano in mare i venti che si chiamano *monsoni,* dei quali ci occuperemo tra poco. L'osservazione dimostra che, nell' emisfero boreale, il monsone di primavera comincia in aprile, ed il monsone d'autunno in ottobre; nell'emisfero australe, dove abbiamo veduto che le stagioni sono contrarie, il monsone d'autunno comincia in aprile ed il monsone di primavera in ottobre. Un monsone è sempre diretto verso l'emisfero più riscaldato dai raggi del sole. Il passaggio d'un monsone all'altro che lo segue è spesso un tempo critico per la navigazione, sia perchè parecchî venti formano una specie di conflitto, da cui risultano tempeste, sia perchè altrove regna una calma più o meno prolungata tra i due monsoni contrarî. La configurazione dei mari e delle coste influisce sui fenomeni in modo da imporre loro leggi particolari in ogni regione.

Siccome, verso l'equatore, il Sole colpisce la Terra co' suoi raggi in direzione perpendicolare o quasi verticale, vi produce, l'abbiamo visto, una temperatura costantemente più elevata che negli altri punti del

nostro globo. Ne risulta che dai due emisferi debbono affluire all'equatore due correnti inferiori.

L'aria, fortemente riscaldata sulla zona equatoriale, s'inalza in massa nelle alte regioni dell'atmosfera. Giunta a certa altezza, a noi sconosciuta ma che oltrapassa parecchi chilometri, lo strato ascendente si divide in altri due, che dispiegansi nella direzione dei due poli.

Il movimento ascensivo così prodotto, determina una chiamata d'aria dalle regioni torride; due altri strati, radendo la superficie del suolo, dirigonsi dalle regioni temperate verso questa linea. Noi troviamo dunque su tutta la periferia della Terra un doppio circuito aereo, che spieghiamo come segue, col signor Marié Davy, il dotto ed attivo direttore del servizio meteorologico dell'Osservatorio di Parigi.

Consideriamo dapprima il circuito di settentrione. Una corrente d'aria partita dalle regioni tropicali va verso l'equatore. Situata nelle regioni inferiori dell'atmosfera ed alla superficie del globo, questa corrente è direttamente accessibile alla nostra osservazione, e costituisce gli *alisei* dell'emisfero settentrionale. Giunta a breve distanza dall'equatore, essa si rialza, si eleva nell'aria, e quando ha raggiunto un dato livello ripiglia una direzione sensibilmente orizzontale verso il polo, discendendo però gradatamente, mano mano che si allontana dall' equatore. Maury ha dato a questo ramo della corrente il nome di *contro-aliseo* superiore.

Colà limitato, il circuito non sarebbe completo; gli alisei e contro-alisei, collegati tra di essi dal ramo ascendente della regione equatoriale, non lo sono ancora dal lato settentrionale.

Se la Terra fosse immobile e illuminata dappertutto ad un tempo; se, di più, la sua superficie fosse ovunque omogenea, la riunione dei due rami orizzontali avverrebbe senza dubbio verso settentrione, come avviene verso il mezzodì, salvo il rovesciamento della direzione del moto. Il contro aliseo superiore s'infletterebbe verso il suolo per venirsi a ricollegare all'eliseo, e la circolazione dell'atmosfera si troverebbe quasi esclusivamente rinchiusa fra latitudini poco elevate. Osserviamo però che, essendo l'origine prima del movimento all'equatore, esso movimento vi sarà regolare come la causa che lo produce. L'*aliseo* ed il *contro-aliseo* parteciperanno essi medesimi di tale regolarità nella vicinanza della linea equinoziale; ma collo scostarsi di questa linea l'azione motrice agirà in modo sempre meno diretto. Lo strato scendente sarà dunque più diffuso, meno bene delimitato e meno fisso dello strato ascendente. La sua posizione media dipenderà dall'attività media della forza assorbente all' equatore e dall' altezza alla quale raggiungerà il contro-aliseo. Anche quest' altezza poi è legata alla legge di decrescenza della temperatura coll'altitudine; può variare secondo le stagioni e non è stata probabilmente la stessa in tutte le età del globo.

Il circuito meridionale è alquanto più esteso del circuito di settentrione, esso invade un po' il campo dell'emisfero boreale, alla superficie dell'atlantico, al quale si riferisce la nostra figura; in estate, l'invasione è ancora più forte che in inverno.

Una circolazione, per quanto la si supponga regolare, non può stabilirsi in seno ad un'atmosfera mobile come la nostra, senza che la parte non direttamente compresa nel movimento non ne subisca il contraccolpo. D'altra parte, il decrescere della temperatura si estende verso i poli, e i movimenti atmosferici ne sono la conseguenza obbligata in quelle alte latitudini. Due circostanze principali fanno uscire le cor-

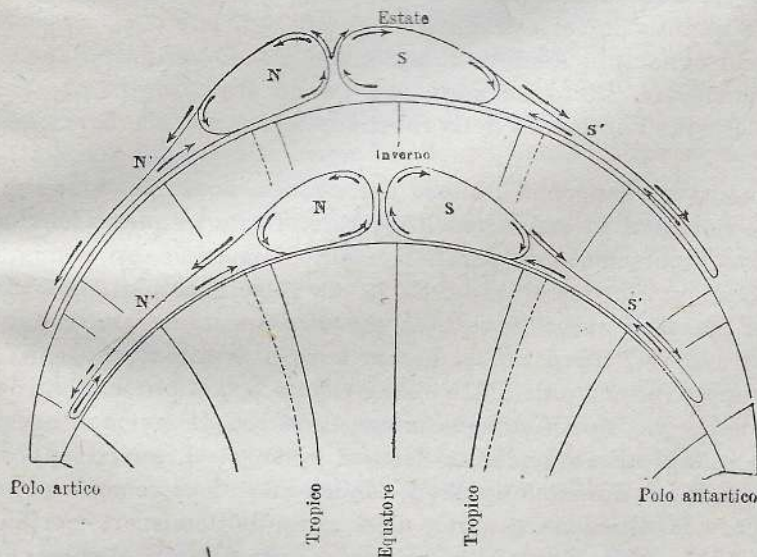



Fig. 144. — Sezione dell'atmosfera dimostrante la sua circolazione generale.

renti aeree dai confini compresi dai circuiti precedenti e danno origine ai due circuiti secondarî N' e S'; sono la rotazione del globo sul suo asse ed intorno al Sole e la distribuzione delle terre e dei mari alla superficie del globo.

La Terra gira su sè stessa da ponente a levante. Tutti i suoi punti effettuano una rivoluzione completa in uno stesso periodo di 24 ore; ma in questo intervallo di tempo, tutti non percorrono vie uguali nè si movono colla stessa velocità. All'equatore, la velocità è di circa 416 leghe all'ora; non è più che di 273 leghe alla latitudine di Parigi; e discende a 231 sul 56mo grado, per esempio, a Edimburgo; allo stesso polo poi, essa è nulla.

L'aria che ci sembra in riposo a Parigi, si muove dunque in realtà da ponente a levante con una velocità di 273 leghe all'ora. Imaginiamoci che quest'aria sia trasportata sul 56mo parallelo senza che nulla

sia cambiato nella sua velocità, essa continuerà a percorrere 273 leghe all'ora; ma ciascun punto del 56mo parallelo ne percorre soltanto 231; l'aria guadagnerà dunque sul suolo e nella direzione di levante 42 leghe all'ora! ciò che costituisce un vero uragano. L'effetto contrario verificherebbesi se una massa d'aria in riposo relativo sul 56mo parallelo fosse improvvisamente trasportata sul 49mo. Ci parrebbe che quest'aria corresse dall'est all'ovest colla velocità di 42 leghe.

In realtà i passaggi di masse d'aria da un parallelo all'altro si compiono gradatamente, e, mentre durano, resistenze di varia natura tendono a pareggiare la velocità. Le differenze indebolite non persistono meno, e siccome la grandezza dei paralleli diminuisce tanto più rapidamente quanto più ci avviciniamo ai poli, gli effetti più sopra enunciati sono ognor più distinti, mano mano che si verificano in latitudini più elevate. Molte tempeste non hanno altra origine.

Ecco dunque l'influenza della rotazione terrestre sulla direzione degli alisei:

Consideriamo dapprima l'aliseo del circuito nord. Abbiamo supposto movesse dal nord al sud verso l'equatore. Durante questo movimento, esso passa gradamente su paralleli, i cui diametri, e per conseguenza la velocità, vanno decrescendo. Se la sua velocità assoluta non cambia, parrà si trasporti verso l'ovest, la sua vita apparente andrà dal nord-ovest al sud-est, che è infatti presso a poco la direzione degli alisei dell'emisfero settentrionale. Un simile risultato sarà prodotto sull'aliseo meridionale, che mostrerà ugualmente di retrocedere verso l'ovest; ma siccome questo aliseo cammina dal sud verso nord, avvicinandosi all'equatore, la sua direzione apparente andrà dal sud-est verso il nord-ovest, che è pure la direzione generale degli alisei dell'emisfero meridionale.

Allorchè lo strato ascendente, giunto a certa altezza, si spiega in due strati orizzontali per formare i contro-alisei superiori, questi conservano dapprima la loro tendenza all'ovest progredendo verso il nord; ma a poco a poco attraversano paralleli la cui velocità è a grado a grado decrescente. Essi tosto si spingono innanzi verso levante su questi paralleli, e la loro direzione apparente si inclina verso il nord-est. Giunti a certa lontananza intorno ai tropici, si abbassano verso il suolo; quivi producesi il fenomeno accennato nello strato ascendente; i contro-alisei vi penetrano colla acquistata velocità e la loro tendenza verso l'est; l'inclinazione della velocità nel senso della verticale rende la velocità stessa meno apparente, e ritroviamo a queste latitudini due nuove regioni dette delle *calme tropicali*. Noi dunque, andando dall'equatore verso il polo nord, incontriamo: 1° la regione delle calme equatoriali; 2° gli alisei del nord-est; 3° le calme tropicali; 4° oltre stanno i venti variabili, che sono fra il sud-ovest ed il nord-est. Una serie simile incontrasi nell'emisfero meridionale.

Insomma, troviamo in ogni emisfero due circuiti aventi per base comune lo stato equatoriale ascendente. Il primo *circuito diretto* è generalmente limitato alle regioni intertropicali; il secondo *circuito derivato* non è in realtà se non un'appendice prolungata del primo, e si estende dai tropici ad una distanza variabile dai poli. Questi due circuiti si distinguono l'uno dall'altro per virtù di caratteri essenziali, dipendenti dalle loro diverse posizioni nell'atmosfera.

Il circuito diretto si sviluppa in altezza. Mentre l'aliseo rasenta il suolo, il contro-aliseo circola in regioni assai elevate. La distanza che separa le due correnti, unita alla regolarità dell'andamento, impedisce loro di scambievolmente invadersi o di aver influenza sulla direzione rispettiva. Così più non avviene del circuito derivato. Il ramo prolungato del contro-aliseo vi è divenuto superficiale; esso rasenta la superficie del suolo; la corrente di ritorno si trova nello stesso caso. L'uno e l'altro sono dunque allo stesso livello, e l'uno e l'altro separati dalla sola azione della rotazione terrestre. Sonvi punti in cui queste correnti vanno appajate, e le loro qualità diverse danno luogo a perturbazioni atmosferiche numerose e talvolta terribili. I loro letti si spostano alla superficie del globo, e la successione dall'uno all'altro in uno stesso punto produce repentine variazioni nello stato del cielo; tale è in particolare, secondo Marié Davy, l'origine delle vicissitudini dei nostri climi temperati. Per evitare confusione, si chiama *corrente equatoriale* il ramo del contro-aliseo superiore prolungato nel circuito derivato, e *corrente polare* la corrente di ritorno nello stesso circuito.

Questa circolazione generale dell'atmosfera subisce l'influenza delle stagioni.

Sullo scorcio della nostra estate, le regioni che circondano il polo nord hanno avuto, per parecchi mesi, giorni senza notti; la temperatura si è di molto raddolcita e l'aria vi si è rarefatta. Ai giorni senza notti succedono in breve notti senza giorni, accompagnate da freddo rigorosissimo: l'aria si contrae e chiama aria per colmare il vuoto formato dal freddo. A ciascuno di siffatti cambiamenti nel nostro emisfero corrisponde un cambiamento inverso nell'emisfero opposto; un trasporto generale dell'atmosfera determinasi ogni anno alternativamente dall'emisfero meridionale all'emisfero settentrionale e reciprocamente.

L'affluenza dell'aria verso il polo nord durante l'inverno si effettua coll'intermediario delle correnti equatoriali, che acquistano allora molta ampiezza; le perturbazioni vi si accrescono nello stesso rapporto: è la stagione delle tempeste. A misura che il Sole ritorna verso di noi, che la nostra atmosfera si riscalda e si dilata, la corrente equatoriale si rallenta, giunge a latitudini meno elevate. All'incontro, le correnti polari acquistano maggior attività; ma siccome sono diffuse alla superficie all'Asia, ed anche dell'Europa, la loro velocità è raramente gran-

dissima; l'estate è la stagione delle calme pel nostro emisfero. I perturbamenti atmosferici di questa stagione sono limitati a piccole estensioni, e la loro gravità, affatto locale, dipende da fenomeni elettrici di natura speciale: è la stagione degli uragani.

Le correnti equatoriali hanno le estremità polari delle direzioni parallele all'equatore, e procedono dall'ovest all'est. A malgrado delle loro variazioni d'ampiezza e d'intensità, comprendesi che esse abbiano finito coll'imprimere all'atmosfera dei poli un movimento di rotazione continuo nel senso della rotazione terrestre.

Per parecchi secoli gli alisei furono un enigma per i meteoristi ed i navigatori. Halley e Hadley proposero pei primi la spiegazione da

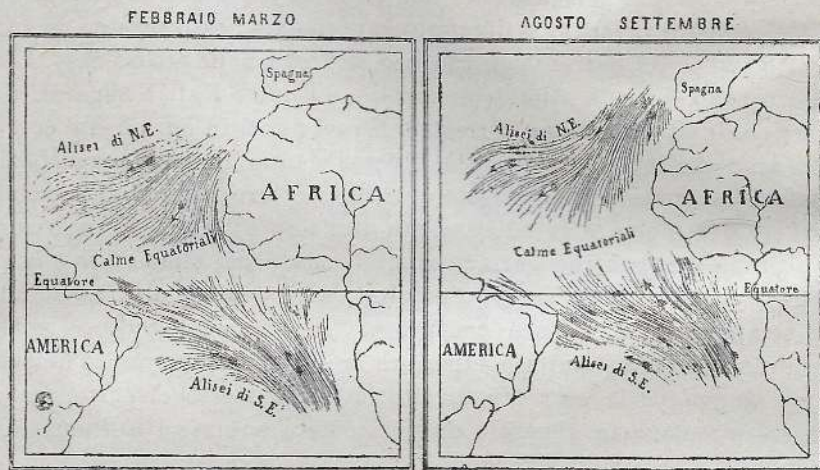



Fig. 145. — Venti alisei dell'Atlantico.

noi ora sviluppata, e che le osservazioni contemporanee hanno di poco modificata dal secolo scorso ad oggi.

La figura 145 indica il corso e la direzione degli alisei dell'Atlantico, e vi si riconosce a prima vista l'influenza delle stagioni e quella dei continenti. In febbrajo o marzo, l'emisfero meridionale è nella stagione d'estate; la temperatura è al suo massimo, o poco ne è discosta. In agosto e settembre, il nord dell'Africa giunge a sua volta verso la fine della sua estate; ed allora la forza di aspirazione è al massimo grado.

Fra gli alisei riconosconsi le zone delle calme equatoriali. Esse occupano posizioni diversissime alla fine d'inverno e d'estate, poichè seguono, ma da lontano, la via del Sole fra i tropici, nè passano mai l'equatore sulla superficie dell'Atlantico. In febbrajo e marzo, mesi nei quali più gli si avvicinano, l'aliseo del N. E. si ferma in media verso il 4° grado di latitudine settentrionale; in agosto e settembre, mesi nei quali più se ne allontanano, lo stesso aliseo si ferma verso l'11mo grado.

Mano mano che una nave, nell' oceano Atlantico, si avvicina all'equatore, una certa ansietà domina l'equipaggio; perchè sa che al primo momento il vento favorevole che già lo ha spinto s' indebolirà sempre più, per cessare completamente. Il mare, stendesi intorno simile a ghiaccio senza fine, ed il bastimento, che nella sua rapida corsa uguagliava il volo degli uccelli, è inchiodato, per così dire, sul limpido cristallo. I raggi solari cadono verticalmente sullo spazio ristretto, ove quegli uomini stanno chiusi. Il sole, che due volte all' anno dardeggia perpendicolarmente su quelle regioni, non si allontana mai abbastanza perchè possa avvenire un raffreddamento. L'atmosfera riscaldata vi diventa sì leggiera da essere dotata di continuo movimento ascensivo. Nello stesso tempo dall' oceano Atlantico e dall' oceano Pacifico svapora una quantità incommensurabile d'acqua, che si spande nell' aria infiammata e s' inalza con essa. Ma a misura che l' aria sale verso le alte regioni, si raffredda ognor più, e talvolta assai repentinamente, di maniera che gran parte dell' acqua ch' essa aveva levata si trasforma in

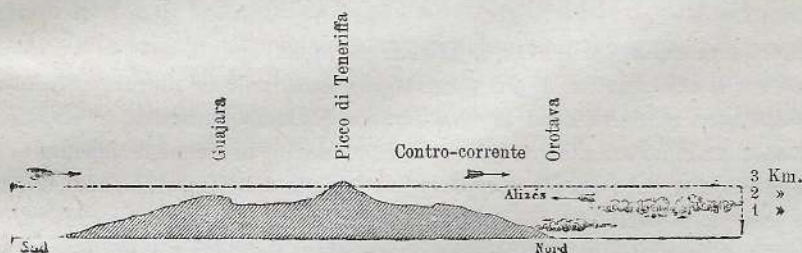



Fig. 146 — La contro-corrente alisea superiore della vetta del Teneriffa.

goccie. Tali cambiamenti improvvisi producono tempeste passeggiere, frequenti nelle regioni equinoziali.

Abbiamo veduto che nell' avvicinarsi alle zone temperate sulle quali essa va a cadere raffreddandole, la corrente superiore incontra strati d'aria animati da minore velocità nel senso del movimento diurno. Ne risulta che il ritorno dei venti alisei dà luogo sulle zone temperate ad un vento che soffia dal sud-ovest per l'emisfero boreale, e dal nord-ovest per l'emisfero australe. Così, in Francia, per esempio, il vento soffia più spesso dal sud-ovest che da altra direzione. Nel tempo delle discussioni sul movimento reale della Terra, i seguaci di Copernico offrivano i venti alisei come prova del movimento di rotazione diurna da occidente ad oriente. Era per essi una semplice illusione. Trascinato dal moto del nostro globo, l' osservatore avrebbe abbandonato l' aria atmosferica che, da quel momento, sarebbe parso producesse un vento che soffiasse in senso contrario, ossia da oriente ad occidente. Ma noi abbiamo veduto essere la combinazione, da un lato, delle velocità diverse degli strati d' aria spostati per effetto delle differenze di tempe-

ratura dei varî punti del globo, e dall'altro, degli strati atmosferici trascinati nel movimento diurno, che producono realmente i venti alisei. La teoria del movimento della Terra non ha bisogno di siffatta pretesa prova meteorologica.

Si è direttamente constatata l'esistenza della contro-corrente superiore.

Il capitano Basilio Hall ha osservato che nella regione dei venti alisei le nubi altissime camminano costantemente in una direzione opposta a quella del vento inferiore. Lo stesso viaggiatore trovò nel mese di agosto 1820 sulla vetta del picco di Teneriffa, un vento di sud-ovest, cioè un vento diametralmente opposto al vento aliseo che soffiava alla superficie della terra. E lo dimostra la figura precedente (fig. 146). Il 22 giugno 1799, quando Humboldt ascese la stessa montagna, regnava sulla vetta un vento d'ovest violentissimo.

Ecco una riprova dell'esistenza delle contro correnti dei venti alisei dedotta, alla Barbada, dalla caduta delle ceneri eruttate dal vulcano dell'isola di San Vincenzo:

Nella sera del 30 aprile 1812, si udirono per alcuni istanti, all'isola Barbada, esplosioni simili alle scariche di più pezzi di grosso calibro; la guarnigione del castello di Sant'Anna stette in armi tutta la notte, e l'indomani mattina, 1.° maggio, l'orizzonte del mare ad oriente era chiaro e ben delineato; ma immediatamente al disopra scorgevasi una nube nera che copriva già il resto del cielo, e che anzi, subito dopo, si sparse nella parte ove cominciava a spuntare la luce del crepuscolo. L'oscurità divenne sì fitta, che nelle stanze era impossibile distinguere il posto delle finestre, e all'aria aperta parecchie persone non potevano vedere gli alberi a fianco de' quali si trovavano, nè gli angoli delle case vicine, e nemmeno i fazzoletti bianchi posti a 15 centimetri dagli occhi. Il fenomeno era cagionato dalla caduta di una gran quantità di polvere vulcanica proveniente dall'eruzione di un vulcano dell'isola San Vincenzo. Questa pioggia di nuovo genere e l'oscurità sì profonda che ne era la conseguenza, non cessarono completamente che fra il mezzodì e la una. Gli alberi di legno flessibile piegavano sotto il peso; il rumore fatto dagli altri alberi che si spezzavano contrastava in singolar modo colla tranquillità perfetta dell'atmosfera; le canne da zucchero furono totalmente rovesciate; infine tutta l'isola si trovò coperta d'uno strato di ceneri verdastre alte 3 centimetri.

San Vincenzo è 80 chilometri ad occidente dalla Barbada, ed il suo vulcano aveva projettata sì immensa quantità di cenere fino all'altezza a cui regnava la corrente superiore, corrente forte abbastanza per sè stessa da effettuare tale trasporto.

Il 20 gennajo 1835, tutto l'istmo dell'America centrale sentì la scossa del terremoto che accompagnò l'eruzione del vulcano di Conseguina, sul lago di Nicaragua. Le detonazioni furono udite dalla Giammaica, situata a 200 leghe nel nord-est di Nicaragua, e perfino a Bogota, che ne è lontana più di 350 leghe. Union, porto di mare della costa occidentale della baja di Conchagua, fu avviluppato da una oscurità completa durante 43 ore. Caddero ceneri a Kingston e in altri siti della Giam-

maica, i cui abitanti poterono sapere così che le udite detonazioni non erano colpi di cannone.

Perchè sì grande quantità di cenere abbia potuto essere lanciata da montagnole sì basse, come Morne-Garou (fig. 147) e Conseguina, fino nelle regioni dell'aliseo di ritorno, bisogna che le eruzioni avessero uno straordinario grado di violenza.

Fu Halley il primo che affermò l'esistenza dell'aliseo superiore come conseguenza dell'aliseo comune. Senza avere prove dirette del fatto da lui posto innanzi, egli ne trovava la certezza nella rotazione quasi istantanea del vento in direzioni opposte quando si attraversano i limiti polari degli alisei. Per Halley, come per tutti i meteoristi attuali, la corrente equatoriale del S. O., che regna nelle latitudini medie del nostro emisfero, non è, infatti, che la continuazione di una frazione del nostro aliseo superiore di ritorno.

Il ramo superiore del circuito intertropicale, è, alla sua origine equatoriale, ad un livello sì elevato che non si è potuto constatarne l'esistenza con certezza, salendo sulle più alte roccie delle Cordigliere nella vicinanza delle calme. Ma siccome questo ramo si abbassa progressivamente verso la superficie del globo, mano mano che s'inoltra verso i tropici, e che, da un altro canto, esso percorre nella sua via regioni ognora meno calde, alcune nubi appajono nell'aria che seco trascina; sono altrettanti testimonî i quali servono a constatare la sua direzione.

L'esistenza degli alisei fu riconosciuta fino dal primo viaggio di Cristoforo Colombo. I venti regolari che spingevano l'ardito navigatore nella nuova via per cui egli voleva approdare alle Indie, eccitarono il terrore de' suoi compagni, facendo loro temere l'impossibilità di ritornare in Europa. Se dopo la scoperta del nuovo mondo, da Colombo incontrato invece delle Indie, l'intrepido marinajo non avesse cercato di evitare i venti alisei, dirigendosi al nord prima di girare ad ovest, senza alcun dubbio non sarebbe ritornato in Ispagna. Colle sue navi male approvigionate e male costruite, insieme agli equipaggi, sarebbe perito per mancanza di viveri nell'immensa regione dell'aliseo.

Appunto dalla lotta delle due correnti, dal luogo ove la corrente superiore ricade e raggiunge la superficie, dalla penetrabilità reciproca, dipendono le più importanti variazioni della pressione atmosferica, i cambiamenti di temperatura negli strati d'aria, la precipitazione dei vapori acquosi condensati, e, come Dove lo ha dimostrato, la formazione e le figure svariate delle nubi. La forma delle nubi che dà vita ed attrattiva ai paesaggi, ci annunzia quanto avviene nelle alti regioni dell'atmosfera; quando l'aria è tranquilla, le nubi disegnano sul cielo in una calda giornata d'estate « l'imagine projettata » del suolo, il cui calorico s'irradia abbondantemente nello spazio.

Nel grande oceano e nell' oceano Atlantico gli alisei si estendono

presso a poco fino verso i tropici; ma nel mare delle Indie, la presenza delle terre si oppone allo stabilirsi dei venti regolari o alisei; mentre nell'emisfero meridionale, a certa distanza dalle terre, l'aliseo S. E. spira quasi costantemente, nell'emisfero settentrionale dell'oceano Indiano regna un vento S. O. diretto verso la penisola dell'Indostan, il nord dell'India e la China, da aprile fino ad ottobre; e da ottobre ad aprile, soffia un vento opposto da N. E. a S. O.; questi venti sono i *monsoni* dell'oceano Indiano. Tale parola è derivata dal malese *moussin* che vuol dire stagione. Così, durante la state del nostro emisfero, quando il sole ha i declini boreali, regna da solo il monsone S. O.: mentre nel nostro inverno, quando il sole ha i declini australi, incomincia a levarsi il monsone N. E. Questi venti penetrano nell'interno dei continenti, ove subiscono l'influenza della configurazione delle terre. Le catene delle montagne tendono in generale a far scivolare le masse gasose parallelamente alla loro direzione. Ecco la spiegazione dei venti periodici.

In gennajo, la temperatura dell'Africa meridionale è al *massimo*, quella dell'Asia al *minimo*. La parte settentrionale dell'oceano Indiano è più calda del continente, ma meno calda della parte meridionale dello stesso oceano a latitudine eguale. Troveremo dunque nell'un emisfero e nell'altro, venti di E. diretti verso i punti più caldi. Da ottobre ad aprile l'aliseo del S. E. regna nell'emisfero australe, l'aliseo del N. E. soffia nell'emisfero opposto e piglia il nome di *monsone* di N. E.; fra i due v'ha la regione delle calme. Quando il sole s'avanza verso il nord, la temperatura del continente e quella del mare tendono a equilibrarsi: e però verso l'equinozio di primavera nen vi sono più venti regnanti nell'emisfero boreale, ma venti variabili che si alternano colle bonaccie e gli uragani; mentre il *monsone* del S. E. regna tutto l'anno nell'emisfero meridionale. Coll'aumentar della declinazione boreale del sole, la temperatura dell'Asia si eleva più di quella del mare, mentre scema nella Nuova Olanda e nell'Africa meridionale La posizione relativa dei due continenti, le cui differenze di temperatura sono più sentite, e il moto di rotazione della Terra, regolano una corrente del S. O., monsone che soffia dal mese di aprile fino all'ottobre. Ond'è che mentre nell'emisfero australe l'aliseo di S. E. spira tutto l'anno, trovasi al nord dell'equatore il monsone di N. E. in inverno, quello di S. O. in estate.

Abbiamo ora sommariamente indicata la direzione generale di questi venti. Fino dai tempi più remoti essi favorivano le comunicazioni, allora sì frequenti, fra l'India e l'Egitto. Alla decadenza dell'Egitto i rapporti cessarono, la tradizione di tali venti si perdette; perchè, se fossero stati conosciuti, Nearco non avrebbe fatto una navigazione sì lunga e penosa dalle bocche dell'Indo fino in fondo al golfo Persico.

In molti paraggi sono venti periodici, che si alternano colle stagioni e subiscono l'influenza della conformazione delle coste; così, per esempio, al Brasile, v'ha un monsone di primavera N. O. ed un monsone S. O. d'autunno. Il Mediterraneo ha i suoi monsoni già conosciuti dagli antichi, che avevano indicato la loro dipendenza dalle stagioni colla denominazione di *venti etesei* (*etos*, anno, stagione). Al sud del bacino mediterraneo estendesi l'immenso deserto di Sahara. Sprovvisto d'acqua, composto unicamente di sabbia o di ciottoli, esso riscaldasi fortemente sotto l'influenza d'un sole quasi verticale, mentre il mediterraneo conserva la solita temperatura. D'estate l'aria s'inalza sopra il deserto di Sahara con grande rapidità e va verso il nord, mentre al basso si hanno venti settentrionali che si estendono fino in Grecia e in Italia.

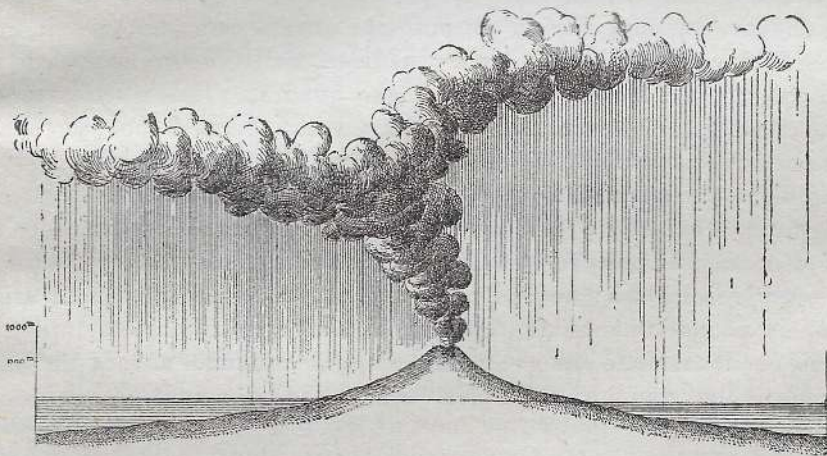



Fig. 147. — Ceneri del Morne-Garou trasportate dall'aliseo superiore.

Nel nord dell'Africa, al Cairo, ad Alessandria ci sono soltanto venti nordici. Tutti i navigatori sanno che d'estate la traversata dall'Europa all'Africa è più pronta del ritorno. Se confrontasi la semi-media delle traversate di andata e ritorno fra Tolone e Algeri, trovasi che la traversata di ritorno è un quarto più lunga per una nave a vela, e un decimo per una nave a vapore. Questo effetto non può essere attribuito alle correnti che sono debolissime. In seguito, tutto il versante settentrionale delle isole Majorca e Minorca, e specialmente di quest'ultima, viene spazzato da questo stesso vento, che vi cagiona un incatorzolimento visibilissimo della vegetazione. Simili venti dominano ad Algeri, a Tolone ed a Marsiglia. D'inverno, all'opposto, in cui le sabbie irradiano fortemente, l'aria del deserto è più fredda di quella del mare, ed in Egitto spira un vento freddissimo dal sud, ma assai meno forte del vento del nord in estate (Kaëmtz e Martins).

Ai venti periodici regolari dianzi studiati, agli alisei e ai monsoni, possiamo aggiungere le *brezze* determinate alla riva dei mari dall'ineguaglianza del riscaldamento delle terre e dell'acqua. Noi lo abbiamo accennato al principio del capitolo, come prodotto da calore solare, dalla stessa causa degli alisei.

Osservansi pure spostamenti d'aria periodici diurni nei paesi della montagna; essi consistono in una brezza che rasenta la montagna durante la notte, ed una brezza ascendentale di giorno. Tali spostamenti sono estremamente varî in ragione della configurazione e dell'orientazione delle montagne.

Tra tutte le cause che si attribuiscono ai venti, una delle più potenti è, senza verun dubbio, la pronta condensazione dei vapori in seno all'atmosfera Vedonsi talvolta cadere 27 millimetri d'acqua in un'ora sopra una grande estensione di paese, particolarmente nelle regioni equatoriali. Ora, supponiamo soltanto che questa estensione sia di dieci leghe di fianco, o di cento leghe quadrate. Se il vapore necessario per produrre 27 millimetri su cento leghe quadrate, fosse nell'aria allo stato elastico, e soltanto a 10° di temperatura, occuperebbe uno spazio centomila volte più grande che allo stato liquido, e cioè lo spazio di cento leghe quadrata su 2 700 000 millimetri, ossia 2700 metri d'altezza. Tali dunque sarebbero le dimensioni del vuoto che risulterebbe da questa condensazione. In vero, il vapore non è allo stato elastico, e allo stato vescicolare; ma, pel solo motivo che sta sospeso nell'atmosfera, ha probabilmente una densità minore che allo stato liquido, e la sua condensazione in goccie di pioggia produce ancora un vuoto immenso, che non può riempirsi senza eccitare una grande scossa atmosferica

La circolazione costante mantenuta nell'atmosfera rende impossibile che in un luogo qualunque una tra le sostanze necessarie alla vita degli organismi, quali sono l'ossigeno, il vapore acquoso, sia interamente consumata, o che una sostanza deleteria, come l'acido carbonico, vi si accumuli in quantità pericolosa: l'esistenza della natura animata è collegata intimamente con questa circolazione.

A prima giunta sembra che le semplici ragioni addotte non s'applichino al processo del tempo, apparentemente così capriccioso, e non disegnino com'è questo tipo della versatilità e dell'incostanza. Come ora vedremo, il tempo non è meno vario nei nostri climi. Possiamo dividere la superficie del globo in due metà ineguali: la regione del tempo costante e quella del tempo variabile. Fin dove estendesi l'influenza dei venti alisei, si può predire la disposizione dell'aria, anche per diversi anni avvenire. La zona media (compresa fra il 2° ed il 4° lat. N. e S.) è quella dove, durante l'anno, senza interruzioni, i grandi

calori e le calme s'avvicendano con acquazzoni e uragani notturni. Al suo fianco havvi un'altra zona (dal 4° al 10° lat) ove questo stato di cose non verificasi che d'estate o d'inverno, ed il vento aliseo lascia il cielo sereno. Ne viene in seguito una terza (dal 10° al 28° lat.) dove, tanto d'inverno che d'estate, i venti alisei non recano la menoma umidità, ove passano anni senza che una leggiera pioggia cada a rinfrescare il suolo.

Infine, un'ultima zona (da 20° a 30° lat.) forma il limite del tempo costante; quivi i venti alisei determinano un' estate senza pioggia ed un inverno dolce e piovoso, sebbene però la pioggia non vi duri di continuo. L' indicazione approssimativa delle latitudini si riferisce all'emisfero boreale ed all'oceano Atlantico, il solo luogo ove siano state raccolte osservazioni sicure.

Giungiamo in appresso ad una zona ove la lotta fra la corrente polare e la corrente equatoriale produce un clima variabile, che ci pare capriccioso ed accidentale, perchè le circostanze da cui dipende il predominio, in una data località, dell'una o dell'altra delle due correnti, sono complicate al punto che dalle diverse osservazioni non si è ancora potuto dedurre una legge atta a reggere siffatte modificazioni.

Se approfondiamo la questione, troviamo, in relazione a quanto abbiamo dianzi esposto, che in realtà vi sono nell' atmosfera solo due venti: quello che soffia dal polo verso l'equatore, e quello che ritorna dall'equatore per andare ai poli. Pigliamo ora un luogo situato nella regione del tempo variabile, per esempio, le latitudini di Parigi, Londra Vienna, e ammettiamo inoltre che questo luogo sia situato esattamente nella direzione della corrente polare. Allorchè vi soffia il vento del nord, il freddo si fa sentire, il cielo si rischiara e si conserva sereno, anche quando il vento, deviando a poco a poco dalla sua direzione, si volge all'est. (L' aria polare che ci reca è pericolosa alle malattie di petto, a motivo della sua siccità e della sua abbondanza d'ossigeno). Il vento di levante soffia fin quando un altro viene a surrogarlo; ma non ve n'ha che possa farlo, se non la corrente equatoriale che giunge come vento di mezzodì. L'urto prodotto dal loro scontro dà tosto origine a direzioni intermedie dei venti S. E., la cui aria calda ed umida, raffreddata dalla corrente polare, è costretta a cedere parte della sua acqua sotto forma di nubi, pioggia o neve. A poco a poco la corrente equatoriale la vince, il tempo si rischiara, si riscalda e mantiensi così con un vento di mezzogiorno, il quale, a poco a poco, si dirige verso ponente. La sola corrente polare può a sua volta surrogarlo. Il loro miscuglio, passando al nord-ovest, produce abbondanti precipitati atmosferici. Sono i giorni freddi ed umidi che tanto indispongono le persone nervose. Le cose continuano a procedere così e sempre nello stesso ordine. Lo studio dei venti variabili sarà l'argomento del capitolo III.

È da osservarsi come questa zona variabile che considererebbesi la più sfavorevole allo sviluppo del genere umano, comprenda quasi per intero l'Asia di mezzo, l'Europa, l'America settentrionale e la costa settentrionale dell'Africa: per conseguenza, essa abbraccia tutto il teatro della storia dell'umanità e del suo sviluppo intellettuale. Forse vi è un segreto legame tra l'esposto fenomeno e lo speciale sviluppo del mondo vegetale di questa regione.

Abbiamo visto che il calore e il suo ineguale riparto in tutte le direzioni è il fenomeno fondamentale intorno a cui si raggruppano gli altri e in gran dipendenza. L'umidità dell'aria ha una correlazione intima con questo fenomeno; essa ed il calore sono le ragioni d' essere della vita vegetale. Dalle due condizioni anzidette dipende in gran parte la distribuzione delle piante alla superficie del globo. Il mondo animale segue le piante, poichè all'esistenza degli erbivori collegasi direttamente quella dei carnivori. Il primo principio supremo, quello che non solo vivifica, ma eccita e regola tutto, è il Sole; i suoi ardenti raggi sono i bulini ch'esso adopera per tracciare il chiaro e l'oscuro, il giallo ardente dell'arida sabbia ed il verde ristorante dei prati, col soccorso dei quali esso disegna la geografia delle piante e degli animali, e traccia perfino lo schizzo d'una carta etnografica pel genere umano.

L'imperatore Aureliano diceva che « fra tutti gli dèi che Roma aveva presi dalle nazioni vinte, nessuno parevagli più degno di adorazione del Sole »; e noi diciamo che fra tutte le formole d'adorazione del paganesimo, quella del Parsi è la più sublime, quand'egli aspetta al mattino, sulla spiaggia del mare, la riapparizione dell'astro del giorno, allorchè ai primi raggi che tremolano sulle onde del liquido elemento egli gettasi colla faccia contro il suolo e adora, pregando, il ritorno del principio vivifante che tutto anima. (Schleiden.)

CAPITOLO II.

Le correnti del mare.

METEOROLOGIA DELL'OCEANO — STRADE MARITTIME — IL GULF-STREAM.

Abbiamo visto che la distribuzione del calore solare alla superficie del globo determina nell'atmosfera una circolazione generale regolare. Nel capitolo seguente constateremo come i venti irregolari e variabili dei nostri climi siano parimenti dovuti a questo calore e sottoposti a leggi di periodicità che la scienza sta studiando. Ma prima di abbardonare le grandi correnti dell'atmosfera, importa ci facciamo un concetto generale delle grandi correnti del mare, pure determinate dall'azione di questo stesso calore che tutto regge quaggiù.

Il mare non è immobile, nè lo sono le sue acque, nè l'atmosfera che pesa su di esso. Una grande oscillazione generale della superficie compiesi due volte al giorno sotto l'influenza attrattiva della luna e del sole: sono le maree, il cui flusso e riflusso copre e discopre a vicenda le plaghe dell'oceano, e danno alle rive la mobilità sempre varia che ci attira continuamente. Questo moto delle acque dipende da una causa astronomica, nè qui giova occuparcene. Ma il mare è animato da altra circolazione meteorologica, più complessa e più spiccata che potrebbesi quasi paragonare alla circolazione del sangue negli esseri viventi: esso è attraversato da correnti che, dirette dall'equatore ai poli e dai poli all'equatore, e facendo comunicare tra loro i mari più lontani, distribuiscono il calore tra le regioni più fredde, riconducono l'acqua più fredda verso le regioni torride, uguagliano la salsedine e la composizione chimica dell'oceano, e formano in certa guisa il fluido vitale del globo, come il succo che sale e scende nelle piante, come il sangue che si rigenera al cuore, dopo di aver portati i suoi tributi nelle parti lontane dell'organismo.

Queste correnti del mare meritano invero la nostra attenzione speciale, e lo studio nostro comprenderà al tempo istesso le correnti dell'atmosfera che le accompagnano e le completano, costituendo la meteorologia dell' Oceano. Le une e le altre sono state, da trent'anni in qua specialmente, l'oggetto delle minute osservazioni della marina.

L'industria dei trasporti marittimi si distingue, a prima giunta, dall'industria dei trasporti terrestri, per la mancanza delle strade. Per gran tempo infatti, i na-

vigatori moderni non hanno nemmeno supposto esistessero sulla superficie dell'Oceano numerose vie aperte dalla natura. La costanza dei monsoni, il ritorno periodico delle brezze marine lung. le coste del mar Rosso e nel mar delle Indie, sono fenomeni che gli antichi avevano conosciuti e messo a profitto. Quando l'astronomo Ippala scoperse il fatto fisico del rovescio del monsone d'estate, i marinai arabi ne profittavano già da parecchi secoli, specialmente per conservare il monopolio del commercio delle spezie e profumi d'Arabia. La scoperta d'Ippala ingenerò una vera rivoluzione nei trasporti marittimi presso gli Europei che vivevano al principio dell'èra nostra. V'ha un miglioramento analogo, ma sopra una scala molto più vasta, ottenutosi ai giorni nostri in seguito agli studî del comandante Maury, direttore dell'Osservatorio nazionale di Washington. A cagione del loro immenso intercorso e della posizione geografica del paese, che si appoggia sui due maggiori oceani, gli Americani, meglio di qualsiasi altro popolo, erano interessati a trovare le vie marittime più brevi. Perciò bisognava confrontare fra loro migliaja di strade seguite da milioni di navigatori. Sì immenso lavoro ha permesso di fare sul globo intero ciò che Ippala aveva fatto per la piccola distanza che separa l'Egitto dalla Taprobana.

Pareva che i grandi navigatori de' secoli precedenti avessero tracciate le sole vie da seguire, senza che si pensasse ad introdurvi le modificazioni alle quali avrebbe potuto condurre lo studio comparativo dei dati dell'esperienza. Ma allorquando l'applicazione del vapore ai mezzi di trasporto ebbe dimostrati i vantaggi dei rapidi scambî fra le nazioni e fatto comprender meglio il valore del tempo, l'attenzione si portò naturalmente sulla discussione delle migliori strade e sui mezzi di definirle ragionevolmente. Una nave a vapore, senza badare ai venti, può tracciare sulla sfera la linea più diretta e più breve fra il suo punto di partenza e il punto d'arrivo; ma per la nave a vela sottoposta alle correnti aeree che costituiscono i suoi soli mezzi progressivi, la linea più breve in estensione diventa spesso la più lunga da percorrere. Trovare le maggiori somme possibili di venti favorevoli, senza troppo scostarsi dalla strada diretta, è il mezzo più sicuro di dare alla traversata la durata minima.

Le osservazioni fatte alla superficie dei mari dai navigatori, per molto tempo, sono state perdute senza profitto per la scienza e la navigazione. Riunite nelle mani di Maury, in pochi anni esse hanno guidato alla conoscenza della circolazione generale dell'atmosfera e dei mari. Nello stesso tempo hanno permesso di diminuire di un quarto, e qualche volta di un terzo ed anche della metà, la durata delle grandi traversate, e di ottenere annualmente un'immensa economia nei prezzi dei trasporti marittimi.

Per destare l'attenzione pubblica, con un risultato capace di far sentire l'importanza pratica degli studî nuovi, egli concentrò tutti i suoi sforzi sôvra una sola traversata, quella dagli Stati Uniti al Rio Janeiro. I dati che egli potè riunire gli permisero di determinare una strada molto più breve e vantaggiosa di quella seguìta fino allora comunemente dai navigatori. La nave *Wright*, capitano Jackson, di Baltimora, fu la prima a eseguire le indicazioni di Maury. Partita il 9 febbrajo

1848 da Baltimora, questa nave tagliava la linea equatoriale dopo 24 giorni, mentre la stessa traversata ne esigeva di solito 41.

La via dagli Stati Uniti all'equatore è tanto più importante in quanto che è comune a tutte le navi che si recano dagli Stati Uniti all'emisfero Australe, sia la loro destinazione definitiva il Pacifico, il mare delle Indie o l'Atlantico. Da 41 giorni, di primo tratto, la traversata era stata ridotta a 20 giorni, poi a 18. Il risparmio del 50 %.

La traversata dagli Stati Uniti in California esigeva in media più di 180 giorni: dal momento che Maury ne fece oggetto de' suoi studî fu ridotta a 135; poi questo risultato si perfezionò tanto a sua volta, che oggi un gran numero di *clippers* sono giunti alla cifra di 100 giorni; anzi uno di essi, il *Flyn-Fish,* venendo da Nuova York, ha ancorato nella rada di San Francisco il 92mo giorno.

Ma l'esempio più notevole è fornito dalla traversata d'Australia. Dall'Inghilterra a Sydney, non ha guari, una nave guidata dalle antiche istruzioni non impiegava meno di 125 giorni; era la media ordinaria dell'anno. Il ritorno richiedeva un tempo presso a poco uguale, in guisa che il viaggio totale compivasi intorno a 250 giorni. Allorchè Maury passò in Inghilterra in occasione del congresso di Bruxelles, promise ai marinaî ed ai negozianti inglesi, per premio del loro concorso alla sua impresa, di diminuire almeno di un mese la traversata di ritorno; sarebbe stato semplicemente sopprimere il quarto della distanza che separa l'Inghilterra dalla sua ricca colonia. Un po' più tardi, compiute le nozioni di questa via, Maury dimostrò chiaramente ai marinaî l'immenso vantaggio che c'era nel fare del viaggio d'Australia una vera circumnavigazione del globo, cioè a girare il capo di Buona Speranza venendo dall'Europa, per compiere poi il ritorno dal capo Horn. Il complesso delle due traversate, il giro del mondo, egli diceva, effettuerebbesi in 130 giorni ed anche meno, invece dei 250 prima necessarî. La predizione di Maury fu compiuta ed anzi oltrepassata. L'economia è stata del 50 %.

Valutiamo in denaro tale economia di tempo:

Il prezzo del noleggio per la traversata d'Australia è circa di 1 franco per tonnellata (1000 Kg.) ogni giorno. Ammettiamo che il carico mezzano delle navi percorrenti questa linea sia soltanto di 500 tonnellate (in realtà è di 700), e non facciamo entrare nel conto che una riduzione di 30 giorni sulla traversata per stare al disotto del reale. Ne risulterà che ogni nave avrà ottenuto al suo tragitto l'economia netta di 1500 franchi. Se, con Maury, calcoliamo in 1800, senza distinzione di bandiera, il numero delle navi che recansi ogni anno dai porti dell'Atlantico nord in Australia, in fine dell'anno avremo per questo commercio un guadagno evidente di 25 milioni di franchi.

Pel solo commercio inglese, nei mari dell'India, l'annua economia è da 8 a 10 milioni. Per il totale della marina e delle diverse traversate, questa economia, in media, supera certamente i 100 milioni all'anno.

Più la distanza da percorrersi è grande, e più c'è vantaggio a scostarsi dalla linea diretta per andare in cerca di paraggi ove le brezze continue daranno alla nave le maggiori velocità. Così, in un modo generale, se vuolsi andare a vela da

levante e ponente, in un dato tempo, sarà nella regione intertropicale che dovrà percorrersi il maggior tratto di via. Bisognerebbe, all'opposto, andar oltre i tropici, al nord ed al sud, per viaggiare presto da ponente a levante.

Ogni giorno di ritardo nell'arrivo di una nave di commercio di là del tempo presunto, o dalla media delle traversate, non solo è cagione di disturbi più o meno gravi pei passeggieri, ma altresì cagione di perdita per l'armatore ed il negoziante. La manutenzione di un grande bastimento, faceva osservare l'ammiraglio Fitz-Roy (paghe, spese, provvigioni, materiale), con un carico intiero e il compimento di passeggieri, varia da 50 a 200 lire sterline (da 1250 a 5000 franchi) al giorno; inoltre, a queste spese immediate, bisogna aggiungere la diminuzione dei guadagni annuali risultanti dalla dilazione forzata della sua prossima partenza. Il pregiudizio recato da una lunga traversata è dunque di natura complessa, toccando gli interessi degli armatori e quelli del pubblico in generale.

Il progresso ottenuto dalle *Sailing directions* sull'industria dei trasporti marittimi equivale dunque a quello che sarebbe stato ottenuto dall'aggiunta di nuova forza motrice. Infatti una nave che, seguendo le antiche vie, restava lontana dal porto cento giorni, e percorrendo le nuove ne resta soli cinquanta, è appunto come se fosse stata munita di una macchina di trazione tanto potente da raddoppiarne la velocità. Queste fortunate conseguenze determinarono l'adesione dell'universale. In una conferenza tenutasi a Bruxelles nel 1853, gli Stati Uniti, la Francia, l'Inghilterra, la Russia, la Svezia e la Norvegia, la Danimarca, l'Olanda, il Belgio, il Portogallo, hanno adottato un piano uniforme d'osservazioni meteorologiche sul mare, piano che fu subito accettato dalla Prussia, dall'Austria, dalla Spagna, dall'Italia e dal Brasile. Da quel tempo, ciascuno dei bastimenti di lungo corso di queste quattordici potenze è diventato un osservatorio galleggiante, il quale notte e giorno registra tutti i fatti di navigazione che possono guidare alla compiuta cognizione de' movimenti dell'atmosfera e del mare.

Mercè appunto i grandi lavori e mercè il grande sviluppo preso da alcuni anni in qua dalle osservazioni meteorologiche, ci fu possibile, tanto nel capitolo precedente quanto nel seguente, dare uno schizzo generale della *distribuzione dei venti sulla superficie della Terra*.

Consideriamo ora la circolazione delle acque prodotta da questa stessa influenza del calore solare.

Tutti conoscono la divisione dei mari, dapprima in tre oceani, cioè: 1.° l'oceano Atlantico, che separa l'Europa e l'Africa dalle Americhe; 2.° l'oceano Pacifico, che copre la metà del globo fra le due Americhe da una parte, e dall'altra l'Asia orientale e la Nuova Olanda, coll'arcipelago; 3.° infine il piccolo Oceano, che porta il nome di mare delle Indie, il quale è per intero quasi al di sotto dell'equatore, fra l'Africa, l'Asia e la Nuova Olanda.

Se si divide in due, al nord ed al sud dell'equatore, ciascuno dei due grandi oceani e si tien conto di due mari polari, si avranno in tutto sei divisioni, nelle quali si potrà studiare il movimento delle acque calde o fredde, il loro viaggio dall'equatore

ai poli, ed il ritorno al punto di partenza. Egli è a tal movimento che bisogna ascrivere, nel mare universale, correnti d'acque calde e di acque fredde, il cui spostamento maestoso e lento e le temperature più o meno elevate danno origine ed ef-

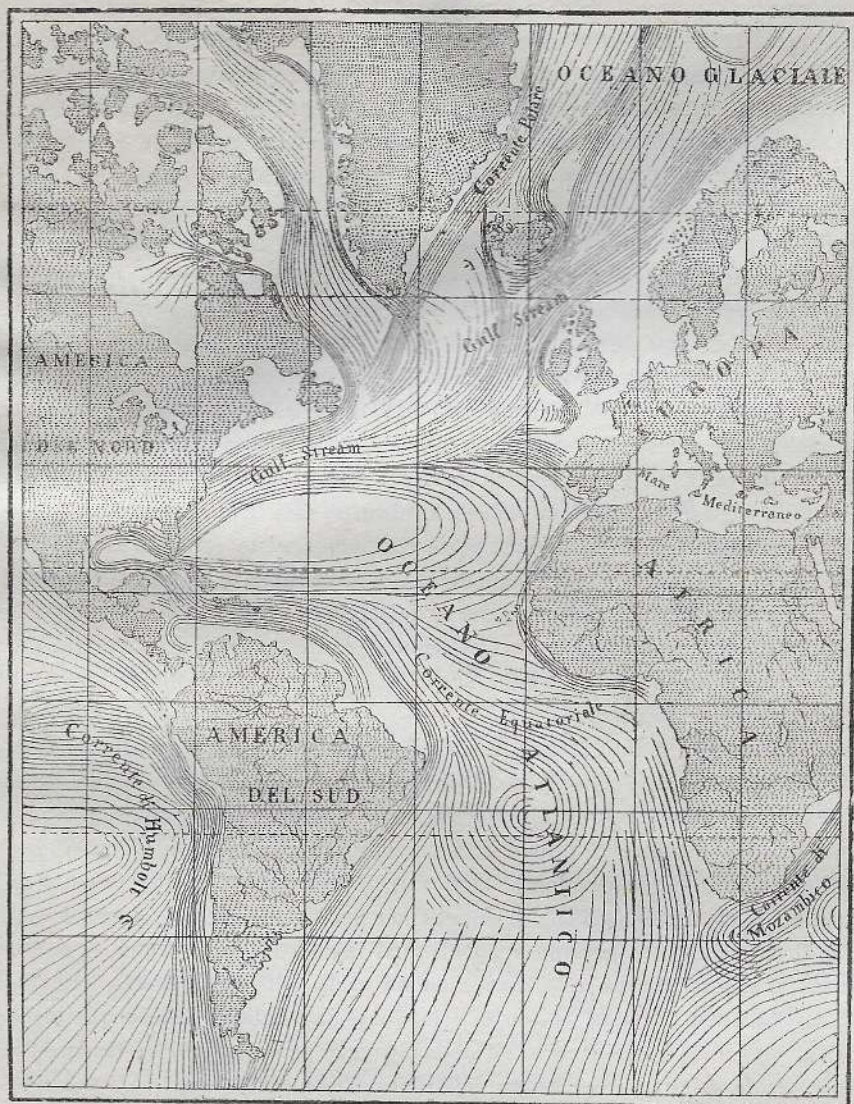



Fig. 148. — Le correnti dell'Atlantico.

fetti ben altrimenti importanti nell'economia dei climi. che non potrebbero supporlo a prima giunta coloro che conoscono il globo soltanto dalle carte geografiche comuni.

Analizziamo ed apprezziamo sì importanti correnti, pigliando ad esempio il circuito formato dalle navi che vanno dall'Europa all'America del Nord ed all'America centrale, e ne ritornano.

Nelle regioni equatoriali, le acque dell'oceano sono spinte all'ovest da un moto continuo che, nell'Atlantico, le porta verso l'America tropicale. Questa vasta corrente larga 40 gradi, 10 dei quali al nord e 20 al sud, s'infrange contro le spiaggie del nuovo mondo. A norma della configurazione dell'America, la cui estremità più orientale è molto al disotto dell'equatore, la maggior parte delle acque della stessa corrente si dirige verso il *Golfo del Messico*, di cui lambe le sinuosità, per riuscire sotto la punta della Florida, e costeggiare gli Stati Uniti dal mezzodì al settentrione.

Questo golfo, situato sulla zona torrida, è ovunque circondato da alte montagne che vi concentrano i raggi solari come in un vasto imbuto e vi sprofondano i fuochi d'un clima ardente. La corrente equatoriale sfugge da simile focolare. Essa precipitasi attraverso lo stretto della Florida e produce un fiotto impetuoso, profondo 300 metri e largo 14 leghe. Corre con una velocità di 8 chilometri all'ora. Le sue acque calde, salate, sono di color turchino indaco, e differiscono dalle loro verdi rive formate dall'onda del mare. Questa massa formidabile determina sul suo passaggio una profonda agitazione e segue così il proprio corso senza mischiarsi all'Oceano. Comprese fra due muraglie liquide, le acque del *Gulf-Stream* formano una vòlta mobile che scorre sull'impero dei mari, spingendo lontano qualsiasi oggetto vicada alla deriva. È un vasto fiume in mezzo all'Oceano. « Nelle maggiori siccità non mai si esaurisce, nelle maggiori piene non straripa mai. Le sue rive ed il suo letto sono strati d'acqua fredda. In nessuna parte del mondo esiste corrente sì impetuosa. È più rapida dell'Amazzone, più impetuosa del Mississippi, e la massa di questi due fiumi non rappresenta la millesima parte del volume d'acqua che sposta » (Maury).

Coll'ajuto del termometro, il navigatore può seguire la gran vena liquida; l'istrumento, successivamente tuffato nelle sue rive e nel suo seno, indica temperature che differiscono di 15 gradi.

Potente e rapido, il Gulf-Stream si dirige al nord, seguendo le coste degli Stati Uniti, fino al banco di Terra Nuova. Quivi subisce l'urto terribile di una corrente polare, che reca massi enormi di ghiaccio, vere montagne sì gigantesche, che una di esse, del peso di oltre 20 bilioni di tonnellate, trascinò a trecento leghe verso il sud il bastimento del luogotenente De Haven. Il Gulf-Stream, dalle acque tiepide discioglie i ghiacci galleggianti; le enormi masse sono fuse, e le terre, i sassi, i detriti di roccia che trasportano vengono tutti inghiottiti dalle acque.

Giunta vicina all'Europa, essa manda buona parte delle acque verso il mar glaciale, costeggiando l'Irlanda, la Scozia e la Norvegia; il resto delle acque piega al sud all'altezza delle coste occidentali della Spagna, per raggiungere la gran corrente tropicale all'altezza del mezzo dell'Africa. Dopo di essersi riunite a questa corrente, di cui sono, per dir così, la fonte, esse portansi di nuovo all'ovest per toccar ancora le coste del Messico, quelle degli Stati Uniti, e attraversare, per la seconda volta, lo spazio che separa gli Stati Uniti dall'Europa, formando un circuito continuo dall'Africa al Messico, con ritorno al punto di partenza dalla via dianzi indicata. Le bottiglie galleggianti che i marinai gettano in mare, coll'indicazione del luogo e la data del giorno in cui esse sono state confidate all'Oceano, hanno appreso che questo tragitto, da 20 a 30 mila chilometri, compiesi in tre anni

e mezzo circa. I venti seguono presso a poco la stessa strada delle acque, e cioè fra i tropici soffiano i venti d'est alisei, che portano l'atmosfera d'Africa in America, come la corrente tropicale vi porta anche le acque. Fra gli Stati Uniti e l'Europa, nella stessa guisa che la corrente porta il mare verso levante, così le controcorrenti degli alisei soffiano verso l'Europa; da cui risulta una traversata molto più rapida dagli Stati Uniti in Francia ed in Inghilterra, che dall'Europa agli Stati Uniti; poichè, nell'ultimo caso, si ha il vento o la corrente contrarî, i quali favorivano il tragitto del nuovo mondo verso l'antico. Si sa che allorquando Cristoforo Colombo tentò l'ardita impresa di abbandonarsi nell'ovest, egli scese all'altezza dell'Africa per pigliarvi i venti di levante, che dovevano, secondo i suoi calcoli condurlo in China. Non si comprende come in tal tempo, dice Barbinet, che le cognizioni geografiche erano bastanti per conoscere a un dipresso le dimensioni del globo, e la distanza itineraria dell'India e della China, un uomo sia stato tanto fidente nell'impossibile da sporare di toccare le coste orientali della China, dopo una navigazione uguale a tre o quattro volte la distanza dall'antico al nuovo mondo. Se l'America non fosse esistita, ei sarebbe morto cento volte prima di approdare alla China.

Innanzi di passare agli altri circuiti marittimi analoghi al circuito dell'Atlantico settentrionale, soffermiamoci alquanto sulle circostanze, che lo contraddistinguono,

Le acque tropicali, nel tragitto dalle coste dell'Africa a quelle dell'America, viaggiano sotto i raggi d'un sole zenitale e si scaldano continuamente fino alla loro entrata nel golfo del Messico; si versano in seguito dallo stretto di Bahama, ove formano una rapida corrente d'acqua calda, che risale a levante degli Stati Uniti, verso il bacino di Terra Nuova. Quivi, la corrente, come abbiamo detto, volge all'est per venire verso l'Europa, ma essa conserva ancora l'eccesso di calore discendendo dalla sua origine tropicale, e quest'è altro dei grandi mezzi della natura messi in azione per temperare il nostro globo, portando così col soccorso delle acque, verso regioni più settentrionali, il calore che il sole versa fra i tropici. Mano mano che la corrente si avanza, perde una parte del suo calore, distribuendola all'atmosfera ed ai mari che traversa; poi ritorna, lasciando alla sinistra la Spagna e l'Africa alta, a riprendere il proprio posto nella corrente tropicale, per imbeversi di nuovo di un calore che riporterà nelle latitudini dell'Europa.

Il calore del mare si comunica al continente coll'intermediario dei venti. Tra poco constateremo che, all'altezza dell'Europa, i venti dominanti del globo sono i venti d'ovest che s'inclinano verso il sud-ovest. Vedesi tosto che queste correnti d'aria, avendo per base una corrente d'acqua calda, ne piglieranno la temperatura e soffieranno sull'Europa con una temperatura molto più elevata che se il mare, privato della corrente calda suddescritta, rimanesse al grado di calore comportato dalla sua latitudine. Per convincersi di questa asserzione, basta confrontare il clima e la temperatura delle città americane situate alla stessa latitudine delle nostre città di Francia.

Nessuna delle masse d'acqua che si spostano sul mare merita di essere meglio conosciuta del Gulf-Stream; nessuna ha maggior importanza pel commercio delle nazioni, ne esercita più considerevole influenza sui climi; è al Gulf-Stream che le

isole Britanniche, la Francia e i paesi vicini devono in gran parte la loro dolce temperatura, la loro ricchezza agricola e, per conseguenza, una parte notevolissima della loro potenza materiale e morale. La sua storia si confonde quasi con quella dell'intero Atlantico boreale, tanto è rilevante l'influenza idrologica e climaterica di questa corrente dei mari.

Mercè il movimento di rotazione del globo, e probabilmente anche mercè la direzione generale delle coste, la corrente segue una direzione costante verso il nord-est, e non urta alcune delle punte avanzate del continente. Al largo di Nuova York e del capo Cod, s'inflette sempre più verso l'est, e, cessando di costeggiare a certa distanza il litorale americano, si slancia in pieno Atlantico, verso le coste dell'Eu ropa occidentale. Come dice Maury, se mostruose bocche di fuoco avessero bastante forza da lanciare palle dallo stretto di Bahama al polo boreale, i projettili seguirebbero quasi esattamente la curva del Gulf-Stream, e deviando a poco a poco per via, giungerebbero in Europa venendo dall'ovest.

Dal 43mo al 47mo grado di latitudine settentrionale, nei paraggi del banco di Terra Nuova, il Gulf-Stream, venuto dal sud-ovest, incontra alla superficie dei mari la corrente polare. La linea di demarcazione fra i due fiumi oceanici non è mai assolutamente costante, e si sposta secondo le stagioni. D'inverno, cioè da settembre a marzo, la corrente fredda respinge il Gulf-Stream verso il sud; poichè, in detta stagione, tutto il sistema circolatorio dell'Atlantico, venti, pioggie e correnti, si avvicina all'emisfero meridionale, sopra il quale viaggia il sole. D'estate, cioè da marzo a settembre, il Gulf-Stream ripiglia a sua volta la preponderanza e respinge verso il settentrione il luogo del suo conflitto colla corrente polare.

Dopo di essersi urtate contro le acque del Gulf-Stream, quelle della corrente artica cercano in gran parte di scorrere alla superficie e scendono nelle profondità a motivo del maggior peso procedente dalla loro bassa temperatura. Si può riconoscere la temperatura di questa contro-corrente, esattamente opposta a quella del Gulf-Stream, dalle montagne di ghiaccio che il tepido soffio delle latitudini temperate non ha ancor fuse e che viaggiano a sud-est, incontro alla corrente superficiale, ch'esse fendono come prore di bastimenti. Più a mezzodì, solo cogli strumenti di scandaglio è possibile riconoscere l'esistenza di questa corrente nascosta, le cui fredde acque servono di letto al fiume caldo uscito dal golfo del Messico essa discende sempre più fino allo stretto delle isole Bahama, ove il termometro la scopre alla profondità di quasi 400 metri. (Reclus).

Una ripetizione del Gulf-Stream è offerta nell'Oceano Pacifico dalla corrente calda, la quale segue le coste della Cina e del Giappone, che i geografi giapponesi da molto tempo menzionavano, nelle loro carte, sotto il nome di *Kuro-Siwo*, o Fiume nero, senza dubbio a motivo del colore oscuro delle acque. Nei mari del Sud, le correnti sono assai meno conosciute; e infatti vi sono meno sviluppate. È però probabile che i fiumi marini non siano correnti isolate, sibbene le diverse; parti della stessa rete, le vene distinte di un sistema unico di circolazione.

I piccoli circuiti che portano al sud le acque dell'equatore, sono lungi dal pareggiare in efficacia le sue immense correnti del nord dell'Atlantico e del Pacifico.

Ond'è che la porzione settentrionale del globo ha climi assai più favorevoli dell'emisfero meridionale e, per citare un solo esempio, i ghiacci polari scendono appena al settentrione fino a 10 gradi dal polo; mentre al mezzodì raggiungono in media il circolo polare a 22 gradi e mezzo dal polo.

La quantità di calore che la corrente del golfo trascina verso le regioni settentrionali è parte notevolissima del calorico contenuto nelle acque sotto il clima torrido. Il calore totale della corrente basterebbe, se fosse riunito sotto un solo punto, per fondere montagne di ferro e far iscorrere un fiume di metallo della grandezza del Mississippi; basterebbe inoltre per inalzare dalla temperatura d'inverno ad una temperatura estiva costante tutta la colonna d'aria che posa sulla Francia e sulle isole Britanniche.

A malgrado del cammino del Sole, in media fa tanto caldo in Irlanda sotto il 52mo grado di latitudine, quanto agli Stati Uniti, sotto il 38mo, a 1650 chilometri di più nella direzione dell'equatore.

La corrente del golfo, la quale porta il calore tropicale nelle regioni temperate dell'Europa, apre anche spessissimo la via agli uragani: d'onde i nomi di Weather-

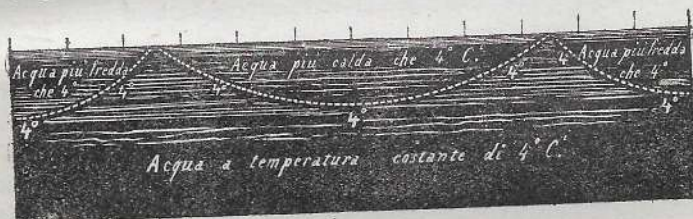



Fig. 149. — Temperatura delle acque del mare.

breeder (generatore delle tempeste), e Storm-king (re dei temporali), dati al Gulf-Stream. I movimenti dell'oceano atmosferico e quelli dell'oceano delle acque produconsi secondo un parallesimo sì completo che saremmo indotti a vedere uno solo e stesso fenomeno nel complesso delle correnti aeree e marittime. Sembra così sia il Gulf-Stream pei venti, come lo è in realtà per le acque, il grande intermediario fra i due mondi. Esso reca ai mari del nord dell'Europa le materie saline del golfo delle Antille; trascina seco il calore dei tropici a beneficio delle regioni temperate, segna la via seguita dai torrenti di elettricità sprigionati dagli uragani delle Antille. È appunto questo il gran serpente dei poeti scandinavi, che sviluppa le immense spire attraverso l'Oceano, e, col suo capo che qua e là inclina sulle rive soffia una dolce brezza e vomita la folgore e le tempeste.

Nella stessa guisa che, nell'Atlantico del nord, la corrente equatoriale che precipita nel golfo del Messico, ritorna su sè stessa passando da latitudini elevate un'altra porzione di questa corrente molto più piccola, dopo di aver urtato il capo San Rocco, che forma la punta orientale dell'America del Sud, discende lungo la costa orientale di questa stessa America; e in seguito, attraversando l'Atlantico dall'ovest all'est, ritorna verso l'Africa inferiore, per risalire lungo le coste occidentali di tal parte del mondo, e raggiungere la gran corrente tropicale del sud, come

il Gulf-Stream la raggiunge nel nord. Fatta astrazione della quantità delle acque questa corrente è perfettamente simile al circuito che occupa il nord del detto oceano. La porzione che si riversa fuori dei tropici e ritorna dall'ovest all'est, dal sud dell'America al sud dell'Africa, è pure una corrente d'acqua calda come lo è il Gulf-Stream fra gli Stati Uniti d'Europa. Il paragone delle masse d'acqua separatamente trascinate da ciascuno dei due circuiti mostra quanto il nord, nella proporzione delle acque calde da esso ricevute, sia favorito comparativamente al mezzodì. Si può accertare che il circuito del settentrione forma una corrente cinque o sei volte più abbondante del circuito di mezzodì.

Se ora gettassimo lo sguardo sull'oceano Pacifico, vedremmo che le acque tropicali vanno ad infrangersi contro la Nuova Olanda, l'arcipelago della Sonda e la parte inferiore dell'Asia. La maggior quantità di queste acque risale al nord in una vasta corrente d'acqua tiepida che all'alta California ed all'Oregon dà un clima quasi paragonabile a quello dell'Europa.

L'Atlantico del nord, l'Atlantico del sud, il Pacifico del nord, il Pacifico del sud ed il mare delle Indie hanno ciascuno una corrente: il primo la principale. Il mar Glaciale del nord ed il mar Glaciale del sud sembrano attraversati ciascuno da una corrente, che pare diretta verso levante intorno al polo. (Barbinet).

La circolazione del mare è compiuta dalle correnti sottomarine. Una corrente sottomarina deve portare le acque del Mediterraneo nell'Oceano. La sua esistenza risulta, in certa guisa, da un calcolo, mercè il quale trovasi che la quantità d'acqua salsa fornita dalla corrente superiore dello stretto di Gibilterra è di 12 miriametri cubi all'anno, di modo che vi sarebbe un annuo eccesso di 11 miriametri cubi, se l'equilibrio non fosse ristabilito da uno scolo sottomarino. Sembra che siffatta ipo tesi sia stata confermata da un curiosissimo fatto.

Verso la fine del diciassettesimo secolo un brick olandese inseguito e raggiunto fra Tangeri e Tarifa dal corsaro francese *La Fenice*, fu colato a fondo da una sola bordata d'artiglieria. Ma invece di affondare al posto dov'era, il brick, per effetto del carico d'olio e d'alcool galleggiò sott'acqua, deviò verso l'ovest e finì col dare in secco dopo due o tre giorni, nelle vicinanze di Tangeri, a più di 10 miglia dal punto ov'era scomparso sotto le onde. Esso dunque aveva superata tale distanza, trascinato dall'azione della corrente che domina alla superficie. Tale fatto storico, insieme ad alcune recenti esperienze, viene in appoggio dell'opinione che ammette l'esistenza di una corrente d'uscita nello stretto di Gibilterra. Il comandante Maury ritiene inoltre come certo esservi una contro-corrente sottomarina al sud del capo Horn, che porta nell'oceano Pacifico l'eccesso d'acque dell'Atlantico. Infatti l'Atlantico è di continuo alimentato da grandissimi fiumi, mentre il Pacifico, che non riceve alcun fiume importante, deve, al contrario, subire una perdita enorme in seguito alla grande evaporazione che avviene alla sua superficie.

Si sono constatate certe correnti inferiori zavorrando un pezzo di legno, per farlo affondare, ma trattenendolo con ùna canna da pesca in modo da lasciarlo scendere più centinaja di braccia, a volontà dell'esperimentatore. All'altra estremità della canna si assicura un barile vuoto, solido abbastanza da sostenere l'apparecchio; poi

si lascia andar tutto dal bordo della nave. I marinaî che per la prima volta osservarono questo fatto, trovarono cosa straordinaria che il bariletto andasse contro il vento ed il mare, in ragione di un nodo e talvolta più! Gli uomini dell'equipaggio mandavano esclamazioni di sorpresa vedendo fuggir tutto come se un mostro marino se ne fosse impadronito; parecchî manifestarono perfino un po' di paura. La velocità del barile era evidentemente uguale alla differenza di velocità delle correnti superiore ed inferiore.

Nel 1773, la nave del capitano Deslandes era tenuta prigioniera nelle acque del golfo di Guinea: una forte corrente che entrava nella baja le impediva di andar più a mezzodì. Deslandes si accorse allora che esisteva una contro-corrente inferiore, alla profondità di 15 braccia (25 metri), e ne profittò in modo ingegnoso. Una macchina la quale offriva molta superficie, fu calata alla profondità della corrente sottomarina. Questa macchina fu trascinata con bastevole forza da rimorchiare la nave colla velocità di 2 chilometri e più all'ora.

Nel mare delle Antille, talvolta, una nave può ormeggiarsi collo stesso sistema in mezzo ad una corrente.

Nel Sund, da gran tempo, è stata constatata una doppia corrente superiore ed inferiore

La temperatura media alla superficie del mare è pochissimo diversa da quella dell'aria, finchè correnti calde non vengano a portare la loro influenza perturbatrice. Nei paraggi dei tropici pare che la superficie dell'acqua sia un po' più calda dell'aria circostante.

Esaminate le temperature alla superficie e a diverse profondità, se ne dedussero tre conseguenze.

1.° Fra i tropici, la temperatura *diminuisce* colla profondità;

2.° Nei mari polari la temperatura *aumenta* colla profondità;

3.° Nei mari temperati, compresi fra 30° e 70° di latitudine, meno diminuisce la temperatura, mano mano che aumenta la latitudine, e presso al parallelo di 70° essa comincia a diventare crescente.

Esiste quindi una zona per la quale la temperatura è presso a poco costante dalla sua superficie fino a grandissima profondità.

Non si può determinare che correnti determinate dalla differenza delle pressioni che sopportano gli strati dello stesso livello all'equatore e verso i poli, non contribuiscano potentemente a produrre tale distribuzione del calore. Sembra certo esservi in generale una corrente superficiale, la quale trasporta verso i mari polari l'acqua calda dei tropici, ed una corrente inferiore che reca dai poli all'equatore l'acqua fredda delle regioni polari; ma queste correnti sono modificate nella direzione e nella intensità da molte cause dipendenti dalla profondità dei bacini dei mari, dalla loro configurazione e dall'influenza del vento e delle maree.

Nelle acque profondissime riscontrasi ovunque la temperatura uniforme di + 4°, che corrisponde, come lo ha determinato la fisica, al massimo di densità dell'acqua. Tale temperatura esiste sotto l'equatore a cominciare dalla profondità di 2200 metri. Nelle regioni polari, dove l'acqua è più fredda alla superficie, incontrasi questa

stessa temperatura di 4° alla profondità di 1400 metri e le linee isotermiche di 4° formano la demarcazione fra le zone ove la superficie dell'acqua del mare è più fredda, e quelle ov'è più calda dello strato che possiede 4°. E lo dimostra l'antecedente figura rappresentante una sezione meridiana dell'Oceano. La curva che tocca due volte la superficie indica la profondità dove comincia la temperatura costante di + 4°.

Infine, il grado di latitudine delle acque dell'Oceano differisce secondo i punti del globo, e ha indubbiamente una parte importante nella densità e, di conseguenza, nella stessa formazione delle correnti marittime.

CAPITOLO III.

I venti variabili.

IL VENTO NE' NOSTRI CLIMI. — DIREZIONI MEDIE IN EUROPA ED IN FRANCIA. — FREQUENZA RELATIVA DEI DIVERSI VENTI. — ROSA DEI VENTI SECONDO I LUOGHI E LE STAGIONI. — VARIAZIONE MENSUALE E DIURNA DELL' INTENSITÀ.

Dopo di aver osservato le correnti *regolari* e periodiche dell' atmosfera dei mari, portiamo l' attenzione sui venti *irregolari* che soffiano nei nostri climi. L' irregolarità di questi è solo apparente, poichè non esiste il caso nella natura, ed ogni molecola d' aria non si scosta che per obbedire costantemente a leggi così assolute come quelle che regolano i mondi nello spazio. Tenteremo di portare un po' di luce tra il caos della moltitudine de' venti che si succedono nei nostri paesi, e di conoscere le forze che agiscono in tale varietà.

Fatta astrazione dei confini mobili ove soffiano gli alisei ed i periodici dei due emisferi, le zone temperate sono la sede dei venti variabili. L' Europa, per esempio, è interamente sottomessa a tal regime; le masse d' aria corrono quando in un senso, quando in un altro; talvolta regna un solo vento per alcune settimane; tal altra all' opposto, succedonsi in poco d' ora due o tre direzioni diverse; qualche volta infine l' aria rimane tranquilla, nè la menoma brezza agita il fogliame del mobile pioppo. Ond' è che l' istrumento indicante la direzione del vento nei nostri climi, la banderuola, da lunga pezza è il simbolo leggiero e femminino dell' incostanza.

Tuttavia, la stessa incostanza ha una causa e spesso è più apparente che reale. I venti dei nostri climi, che ci sembrano sì capricciosi e variabili, ci lascieranno scorgere dietro di essi le regole alle quali obbediscono.

Nel capitolo primo abbiamo veduto che l' aliseo *superiore*, il quale va dall' equatore al polo, modifica la sua direzione primitiva dal sud al nord pel nostro emisfero, ed a poco a poco volge al sud-ovest, mano mano che procede in latitudini più elevate. Esso va perdendo nello stesso tempo velocità e calore, e si abbassa. Verso il 30°, è sceso quasi

alla superficie del suolo. Nelle latitudini della Francia, sta appunto alla superficie. Questo vento di sud-ovest, infatti domina in tutta Europa.

Così, in mezzo alla varietà dei venti, ne osserviamo già uno regolare, poichè non è altro che l'aliseo superiore disceso fin qui, e che piglia il maggior posto nella meteorologia dei nostri climi.

Abbiamo veduto, nel capitolo secondo, che la gran corrente oceanica il Gulf-Stream, giunge alle coste d'Europa nella stessa direzione del *sud-ovest*. L'aria circola nell'egual senso ed è sempre la medesima corrente equatoriale, aerea e marittima, deviata a sud-ovest dalla rotazione della Terra.

Per conoscere esattamente la direzione del vento, si conta la proporzione del tempo durante il quale ogni vento ha soffiato, ammettendo un totale arbitrario a cui tutto si riferisce. Così a mo' d'esempio, supponiamo che il vento di sud ovest abbia soffiato 90 giorni in un anno; si dirà che è regnato da solo pel quarto del tempo. Se questo tempo è indicato dal numero arbitrario 1000, se ne riterranno 250 in conto del sud-ovest (supponendo abbia soffiato esattamente il quarto del tempo, cioè, per 1 anno, 91 giorni e 7 ore). Si registrano in tal modo tutte le direzioni indicate dalla banderuola in parti proporzionali di uno stesso totale, e si ottiene un quadro comparativo che può dare il risultato medio d'un gran numero d'anni.

Da molti anni in qua si è proceduto con tal sistema per tutta l'Europa. Vediamo tosto il risultato generale di tutte le osservazioni state fatte. Ecco il prospetto che riassume queste osservazioni. Esso dimostra chiaramente il predominio del vento di sud-ovest pel complesso del continente europeo ed anche per l'America del Nord.

FREQUENZA RELATIVA DEI VENTI.

	N.	N. E.	E.	S. E.	S.	S. O.	O.	N. O.	Direzione del vento medio.	Forza del vento medio.
Francia	126	140	84	76	117	192	155	110	S. 88° O.	133
Inghilterra	82	111	99	81	111	225	171	120	S. 66 O.	198
Germania.	84	98	119	87	97	185	198	131	S. 76 O.	178
Danimarca	65	98	100	129	92	198	161	156	S. 62 O.	170
Scozia	102	104	80	110	128	210	159	106	S. 50 O.	200
Russia	99	191	84	130	98	143	166	192	N. 87 O.	167
America del Nord .	96	116	49	108	123	197	101	210	S. 96 O.	182

Vedesi che il vento dominante è il sud-ovest. Se sommansi i numeri inscritti, nel senso orizzontale, formasi il numero 1000; e in Francia, il vento sud-ovest soffia $^{192}/_{1000}$ parti del tempo, o i $^{19}/_{100}$, cioè quasi il quinto del tempo. La proporzione è maggiore in Inghilterra. Sommando l'ovest ed il sud, vedesi che questo quarto della rosa dei venti fornisce

da solo quasi la metà dei venti dominanti: $^{46}/_{100}$ per la Francia, e più della metà per l'Inghilterra: $^{51}/_{100}$. Le accurate osservazioni fatte fino dal 1830 a Bruxelles, e i numeri ottenuti su diversi punti del Belgio, stabiliscono un predominio analogo per questo paese. Ottengonsi, come per la Francia, $^{46}/_{100}$ per la porzione fra il sud e l'ovest. Il vento dominante è con esattezza S. 45° O. La Russia offre una differenza dipendente dalla sua lontananza dall'Oceano.

Noi siamo dunque sotto la benigna influenza della corrente equatoriale. Ma se l'aliseo di ritorno viene fin qui e va sino al polo, la corrente polare inferiore, che porta l'aria fredda dal nord al sud e forma sotto i tropici l'aliseo del nord-est, deve parimenti farsi sentire sulle nostre contrade. È pure necessario che da qualche regione passi per andare dal polo all'equatore, e se l'aria che va dall'equatore al polo non ritornasse, non ci sarebbe più atmosfera fra i tropici. Ora, esaminiamo un istante il quadro che precede della frequenza relativa dei venti. Il massimo è al sud-ovest, come è sottolineato; quindi i numeri decrescono, poi risalgono e ci offrono un secondo massimo al vento di nord-est. Ecco la corrente polare. Il vento nord-est piglia $^{14}/_{100}$ del regime dei venti in Francia, e $^{19}/_{100}$ in Russia.

Sonvi dunque nel nostro emisfero *due direzioni generali* di venti. Ora predomina la corrente equatoriale, ora la corrente polare. La prima è calda ed umida, la seconda è fredda e asciutta. Ognuna di esse, sui prodotti della terra, ha un'influenza opposta, e lo stato dei raccolti dipende in gran parte dall'epoca e dalle continuità del loro regno.

I venti di S. O., O. e S. da una parte, quelli di N. E. e N. dall'altra costituiscono i venti *primitivi* generali, cui le nostre regioni sono sottoposte. Tutte le altre direzioni di venti provengono da queste due correnti, per le cause che seguono:

Se le due correnti soffiano l'una a fianco dell'altra, ciascuna occupando certa estensione, siccome scorrono in opposta direzione, devonsi trovare, sul limite che le separa, turbini e risucchî prodotti dall'azione dei due fiumi d'aria. Questi risucchî gireranno nel senso N. E. a S. O. alla tangente della corrente polare e nel senso S. O. a N. E. alla tangente della corrente equatoriale. Così come lo dimostra un momento di riflessione, è questo un semplice movimento di rotazione orizzontale, pari a quello d'una mola. Ogni punto della circonferenza di tal mola d'aria avrà la propria direzione particolare, poichè noi supponiamo che la massa giri nel suo complesso. Sarà una zona di venti variabili, che può per altro cambiare di posto sotto l'influenza delle due grandi correnti che le hanno dato origine e che cambiano esse stesse di posizione, di larghezza e di intensità.

Ecco una prima causa di cambiamento di venti, che è per così dire

costante, poichè le due correnti soffiano di continuo, e che deve moltiplicarsi su vaste estensioni. Ve n'ha una seconda non meno importante.

Una differenza di temperatura esiste costantemente fra le varie regioni di uno stesso territorio. Qui son acque, là son terre, qui sono deserti, là foreste: qui sono basse pianure calde, là freddi altipiani. Tali differenze di temperatura modificano le nostre due correnti al loro passaggio. Un cielo nuvoloso favorisce il moto dell'una, arresta il moto dell'altra. Così da questi due grandi alberi rovesciati nascono altri venti, come rami laterali.

Una terza causa di cambiamento aggiungesi alle precedenti: le protuberanze del rilievo continentale. Le correnti generali che passano al disopra di una catena di montagne, non vi soffiano colla stessa regolarità come nella pianura. Infatti i venti debbono essere tanto più ineguali nei loro soffî successivi, quanto meno liscia è la superficie sulla quale essi scivolano. Lo stesso strato aereo, che si muove sopra i mari coll'uniformità di immenso fiume, si scosta dal suo regolare andamento, non appena è interrotto nel corso dalle ineguaglianze del suolo. Alle falde delle grandi montagne della Svizzera, e specialmente nei dintorni di Ginevra, dove il rilievo terrestre è già accidentato, le alternative che si producono nella forza del vento sono tali che l'anemometro indica talvolta una variazione d'intensità dal semplice al triplo. Nelle alte gole delle Alpi accade spesso, anche negli uragani più violenti, che l'atmosfera offra ad intervalli la più perfetta tranquillità. Perfino nei paesi dove pochi sono gli accidenti del terreno e nelle pianure disseminate di case e di boschetti, il vento non progredisce con soffio uguale come l'aliseo dei mari; esso si avanza con successione di soffiate e di raffiche, ciascuna delle quali rappresenta una vittoria della corrente atmosferica sopra un ostacolo della pianura. Vicino al suolo il vento è sempre intermittente, mentre nelle altezze dell'aria cammina ognora con moto eguale e maestoso, come la corrente di un fiume.

Sonvi dunque leggi che regolano questi particolari di cambiamento ed il movimento di circolazione. Possiamo ora domandare a noi stessi se fu osservata una legge nel senso della successione dei venti.

Ritorniamo alla prima cagione di cambiamento testè indicata. Di solito, tutto il nostro emisfero è diviso in vaste fascie oblique composte di masse scorrenti in senso inverso, le une dal polo, le altre dalle regioni equatoriali. Queste fascie si spostano sulla rotondità del globo, e, nello stesso spazio, talvolta domina il vento polare, tal altra il vento tropicale; ma non manca mai di verificarsi un compenso tra queste correnti atmosferiche, ed il vento neutralizzato o respinto in una parte dell'emisfero non tarda a farsi sentire sopra altro punto. Finchè la lotta esiste tra due masse d'aria animata da movimenti opposti, le vicissitu-

dini del conflitto e la preponderanza graduale di uno dei venti hanno per risultato di modificare temporariamente il cammino delle arie, e di far girare successivamente la banderuola verso i diversi punti dell'orizzonte: è dall' incontro di due venti regolari che nasce l' irregolarità apparente di tutto il sistema atmosferico.

Quantunque la lotta non cessi d' impegnarsi ora sovra un punto ora sovra un altro, tra i due fiumi aerei, tuttavia non essendo essi uguali in forza, il preponderante finisce sempre col vincere dopo un periodo più o meno lungo di resistenza. Questo vento superiore per impulso è

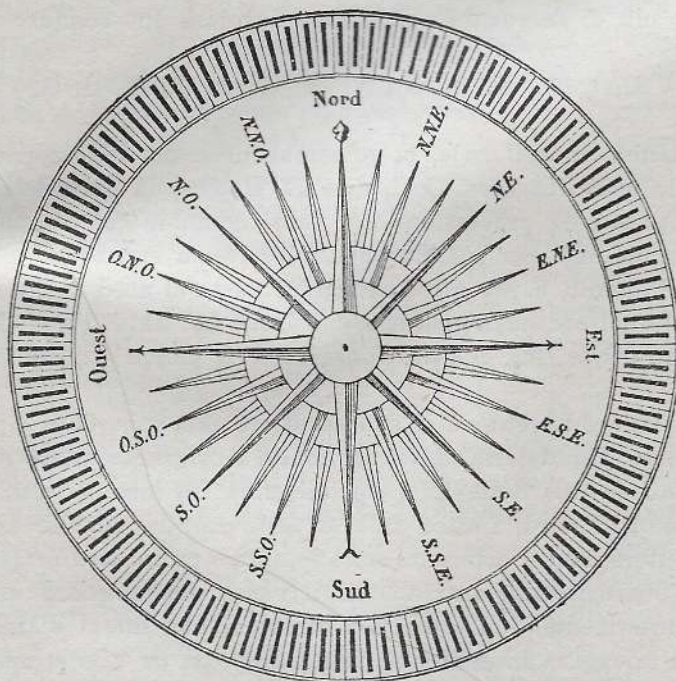



Fig. 150. — Rosa dei venti.

la corrente di ritorno, scesa dalle altezze dello spazio per giungere a livello del suolo, fuori della zona degli alisei.

Le correnti atmosferiche venute dall' equatore s'inflettono naturalmente verso l' est; ne risulta che, nell' emisfero del nord, la maggior parte dei venti soffiano dall' ovest.

Già da alcuni secoli, gli scienziati avevano constatato che, nell'emisfero settentrionale, la successione dei venti compiesi in modo normale nel senso dal sud-ovest al nord est per ponente e settentrione, e dal nord-est al sud-ovest per levante e mezzodì: è un movimento di rotazione analogo a quello che pare descriva il sole nel cielo, quando, dopo essersi alzato ad oriente, dirigesi ad occidente, sviluppando la sua vasta

curva intorno allo zenit. Aristotile aveva fatto questa osservazione più di duemila anni addietro: « Quando un vento cessa per lasciar posto ad altro vento di una direzione vicina, egli dice nella sua *Meteorologia*, il cambiamento avviene secondo il moto del sole ». Dopo il gran naturalista greco, parecchi autori, che Dove ha preso la briga di enumerare, hanno affermato di nuovo il fatto della rotazione regolare di venti, che però da tempo immemorabile era perfettamente conosciuta dai marinai. Dove, pel primo, ha riunite le testimonianze sparse che confermano l'idea popolare, e trasformano l'antica ipotesi in certezza scientifica. Ormai è fuor di dubbio che, nell'emisfero del nord, i venti si succedono più di frequente nell'ordine regolare che segue:

S. O., O., N. O., N., N. E., E., S. E., S., S. O.

Nell'emisfero meridionale, la rotazione normale delle correnti aeree compiesi in senso inverso. Così, dice E. Reclus, in ciascheduno degli emisferi opposti, la processione dei venti coincide col cammino apparente del sole, che, per gli Europei, descrive la sua corsa giornaliera al sud dello zenit, e per gli Australiani passa al nord di questo stesso punto. Tale è l'ordine regolare a cui Dove ha dato l'appellativo di legge di girazione, ma che ha conservato il nome di questo stesso scienziato (1).

La direzione del vento è il suo carattere più apparente e più facile da osservarsi. Per determinarla, supponesi l'orizzonte diviso in quattro archi uguali da due diametri perpendicolari fra loro, di cui uno è diretto dal sud al nord, l'altro dall'est all'ovest. I punti in cui questi diametri intersecano l'orizzonte sono i quattro punti cardinali. Ma detti punti sarebbero insufficienti, poichè il vento può pigliare moltissime direzioni intermedie. Indicansi tali direzioni con nuovi diametri, che dividono l'orizzonte in sedici parti eguali, e si ha così, tranne differenze di nessun conto, l'indicazione di tutte la aree del vento. La figura che rappresenta queste divisioni e che diamo più sopra è conosciuta sotto il nome di Rosa dei venti. È appena necessario ricordare che l'area del vento si esprime sempre col punto d'onde viene, e non mai con quello verso il quale spira; così, vento d'est, vuol dire vento che viene dall'est; vento dal nord, vento che spinge al sud, ecc.

Quando si sa orientarsi e si possono trovare a sè d'intorno alcuni oggetti suscettivi d'impressione per parte de' movimenti dell'aria, è facile conoscere la direzione del vento, ma spesso si ricorre ad un istrumento, al certo il più antico di tutti quelli che servivano alle osser-

(1) Veggansi le osservazioni all'Appendice.

vazioni meteorologiche, alla banderuola. Questo semplice apparecchio onsiste in una lastra di metallo, comunemente di latta o di zinco, tagliata in modo più o meno elegante, e mobile sovra un perno, al quale è fissata una croce orizzontale, le cui braccia portano alla loro estremità le lettere N, S, O, E. La banderuola ponesi sulla parte più elevata degli edifici. Un tempo era il complemento obbligato, non solo di palazzi e di castelli, ma altresì delle più modeste case, le cui facciate ad aguglie parevano fatte espressamente per riceverla.

Si è sempre parlato del tempo, dice in proposito A. Laugel, se non si è sempre parlato della meteorologia, e sebbene il nome sia recente, sono tentato di credere che i nostri avi più di noi pensassero a ciò ch'essa rappresenta. È necessario darne una prova? In oggi veggonsi costruire molte belle case e ville, ove l'architetto ha dimenticato la banderuola. Un tempo disegnata con gusto e di forme originali, essa ornava i tetti delle case. C'è qualcosa di poetico in questo emblema del cambiamento, e della fissità riuniti in un solo oggetto. Non è l'imagine della nostra povera vita, di tanti sforzi, di turbamenti, di lotte sovra uno stretto punto ove si nasce e ove bisogna morire? La banderuola domina la casa; segna fedelmente tutte le incertezze, tutte le tempeste del cielo: al disotto si agitano tutte le passioni umane. Essa cigola tuttora, mezzo consunta, sopra le vecchie e deserte dimore, e i suoi moti repentini formano un contrasto lugubre colla tranquillità ed il silenzio che la morte e l'oblio sonosi lasciati alle spalle.

Esposta alle intemperie, essa arrugginisce e si guasta, diventa pigra, nè più obbedisce alle spinte del vento. Accade pure che il perno s'inclina, ed allora fuori della sua posizione d'equilibrio, la banderuola ricade ognora dalla stessa parte. Le sue indicazioni sono valide soltanto a patto sia verificata di quando in quando, e posta ad altezza che la tenga al sicuro dalle direzioni dei venti prodotti dagli ostacoli inferiori. Non è raro che l'atmosfera sia percorsa da parecchie correnti sovrapposte ed incrociate. In tal caso la corrente principale, quella che, se è lecito dirlo, governa il tempo, è posta in generale a grande altezza, quando pure non è la più alta di tutte, ed è il cammino delle nubi che lo fa conoscere. Quest'è il migliore e più sicuro indizio dell'area del vento.

Siccome la massa o la densità dell'aria non variano che entro confini ristrettissimi, la forza del vento quasi interamente dipende dalla sua velocità e cresce come il quadrato di questa. I termini « forza del vento » e « velocità del vento » sono dunque quasi identici. Per misurare tale velocità, adoperansi apparecchî designati col nome di *anemometri*.

Uno tra i più usati negli osservatorî è quello inventato dal dottor Robinson, dell'Osservatorio d'Armagh (Irlanda). Questo istrumento com-

ponesi di un asse verticale che porta quattro raggi orizzontali della stessa lunghezza, incrociati ad angoli retti, ed all'estremità dei quali sono saldati quattro emisferi cavi, in guisa che il cerchio massimo di ciascuno sia sempre in un piano verticale, e la parte concava dell'uno guardi la parte convessa seguente.

Un momento di riflessione basta per dimostrare che il vento incontra sempre due emisferi concavi e due altri convessi. Siccome ha maggior azione sui primi che sui secondi, esso imprime a tutto il sistema un movimento di rotazione, e il numero dei giri del molinello è costantemente proporzionale alla velocità del vento; il numero tre rappresenta con sufficiente esattezza il rapporto che esiste fra l'uno e l'altro. Così, misurata la circonferenza del cerchio descritto dal centro d'un emisfero, e moltiplicata questa lunghezza per tre, si ha il tratto percorso dal vento per ogni rotazione di molinello.

All'Osservatorio di Parigi, di cui riproduco il terrazzo superiore (fig. 151), l'insediamento meteorologico, cui primo attese Arago, e fu compiuto alcuni anni fa da Marié-Davy, componesi de' varî istrumenti che per la maggior parte abbiamo descritti separatamente. Il vento inferiore indica la propria direzione mediante *banderuola*, piuttosto massiccia e tagliata a forma di coda di cometa; la velocità è data dall'*anemometro* di Robinson. Il vento superiore appare dalla direzione delle nubi che si osservano, sia direttamente, sia più esattamente in uno specchio, sul quale sono incise le direzioni. Vedesi sul primo piano un albero da cui scendono due fili elettrici; è il sostegno di un termometro elettrico, posto a 5 metri (cioè a 33 metri al disopra del suolo), le cui indicazioni vengono trasmesse al piano inferiore; sono le *temperature dell'aria*.

La temperatura dell'aria è segnata parimente da un termometro situato al nord della sala meriggiana sotto un triplo cono di metallo, e che il disegnatore ha supposto sul terrazzo, così come quelli del giardino, il quale registra i massimi ed i minimi. Presso la cupola vedesi un antico *pluviometro*, ora surrogato dal tetto conico della piccola costruzione circolare del primo piano, il cui interno a forma d'imbuto raccoglie l'acqua caduta.

Al nuovo Osservatorio meteorologico di Montsouris, col quale abbiamo già stretta conoscenza, e su cui ci estenderemo specialmente più innanzi, la banderuola è una lastra quadra di latta, della quale osservasi il moto con molta facilità, nella corte interna vetrata, mercè uno specchio orientato. L'anemometro, elevato sopra un palo di 20 metri, trasmette automaticamente le sue indicazioni mediante un circuito elettrico.

È per noi cosa importante il formarci un'idea esatta generale della distribuzione del vento nei nostri climi. Ma assai meglio sarebbe se ci potessimo figurare il modo di funzionare del vento a norma dei diversi

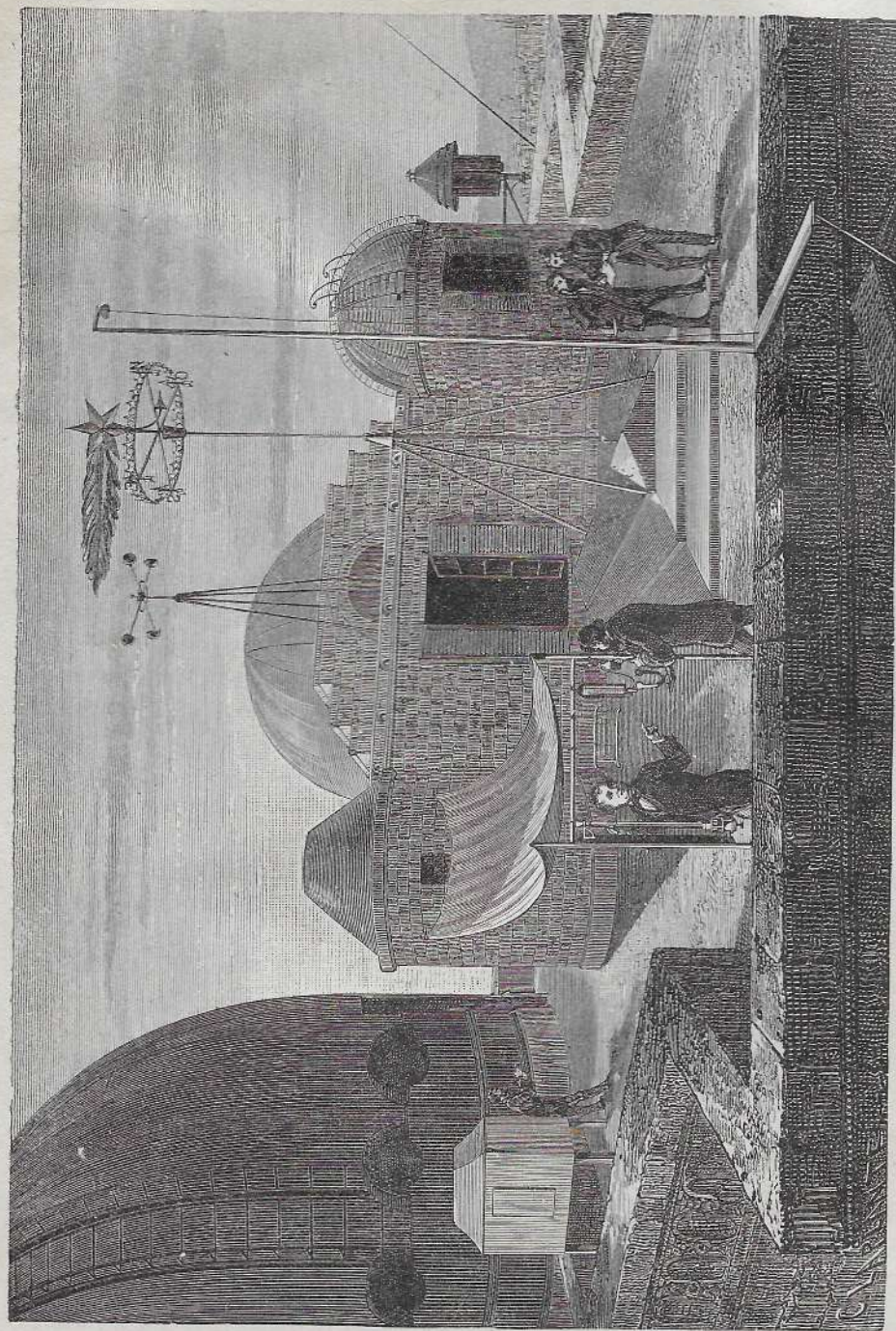



Fig. 151. — Gli strumenti meteorologici dell'Osservatorio di Parigi.

mesi dell' anno, delle stagioni pei principali punti d' Europa. E, per esempio, non possiamo entrare in argomento senza approfittare di tutte le osservazioni meteorologiche fatte a Parigi per renderci conto del modo col quale vi si comporta il vento, e conoscere il regime dei venti su questo punto principale della Francia intiera, ed anche sui centri principali, sulle città capitali delle altre nazioni europee. Vi ci proveremo, traendo profitto da tutti i documenti meteorologici, che osservatori deditì alle scienze ed instancabili hanno riuniti per parecchî punti speciali.

Cominciamo da Parigi.

L'Osservatorio di Parigi, fondato appunto or sono due secoli dall'Accademia delle scienze, Colbert e Luigi XIV, ha inscritto, fino dai primordî, nel suo programma lo studio dei fenomeni atmosferici quale indispensabile complemento di quello de' fenomeni celesti. Abbiamo veduto che il barometro era stato inventato nel 1642, ed il termometro verso il 1650. Al suo entrare nello stabilimento, nel 1670, Cassini I regolò l'osservazione quotidiana di questi due istrumenti fondamentali; quella del vento e della pioggia venne in seguito. Noi abbiamo così a Parigi una serie rispettabile di quasi due secoli d'osservazioni meteorologiche, che sono diventate sempre più esatte cogli anni e colla discussione critica, senza la quale la scienza non esiste.

Abbiamo veduto nel Libro precedente quali sono le medie di temperatura mensuali e diurne state indicate da queste osservazioni regolari. Si è potuto ottenere di confrontare ogni anno gli stessi mesi fra loro, in quanto ai venti registrati, e vedere quali sono le direzioni del vento più frequenti in gennajo, in febbrajo, e così di seguito per ogni mese. Facendo la media di sessant' anni di osservazioni (1806-1866), giungesi ai varî risultati seguenti.

La lunga serie d'osservazioni regolari ci dà prima queste cifre pei la media *annuale* degli otto venti principali:

RIPARTIZIONE ANNUALE DEI VENTI A PARIGI.

(Proporzione su 10 000)

Nord	1039
Nord-Ovest	1084
Ovest	1782
Sud-Ovest	1935
Sud	1476
Sud-Est	799
Est	694
Nord-Est	1191

Vedesi di quanto il sud-ovest e l'ovest dominino tutti gli altri. Per meglio intendere le direzioni dei venti rappresentate da questi numeri

si traducono in figure geometriche. Partendo da un punto centrale, tracciansi delle linee rette nella direzione dei punti cardinali N., E., S., e O.,

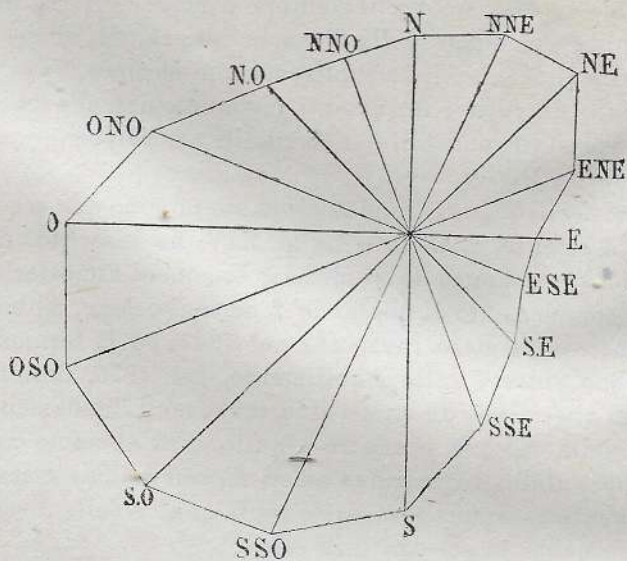



Fig. 152. — Rosa media annuale dei venti a Parigi.

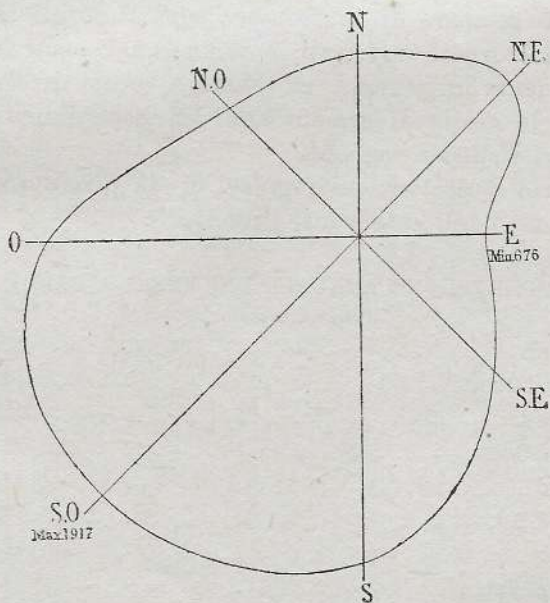



Fig. 153. — Rosa media dei venti d'inverno a Parigi.

e dei rombi intermedî NE., SE., SO. e NO.; poi su queste rette segnasi una lunghezza proporzionale al numero di volte che è soffiato il vento

corrispondente; si terminano a tale lunghezza, e riunisconsi tutte le estremità con una curva continua.

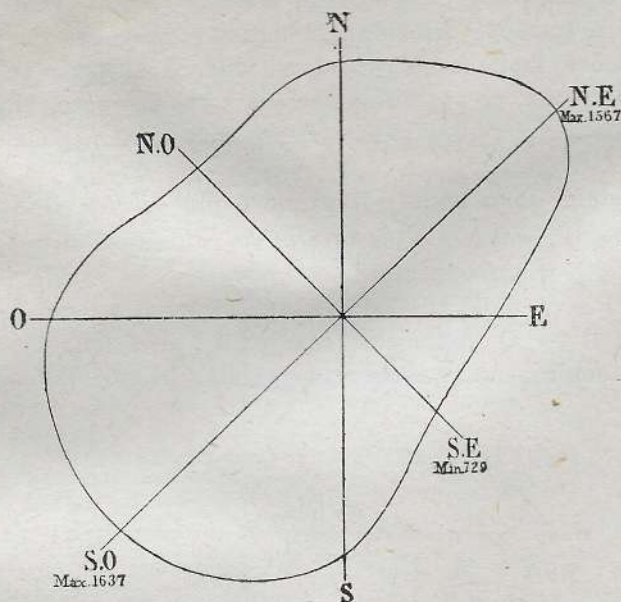



Fig. 154. — Rosa media dei venti di primavera a Parigi.

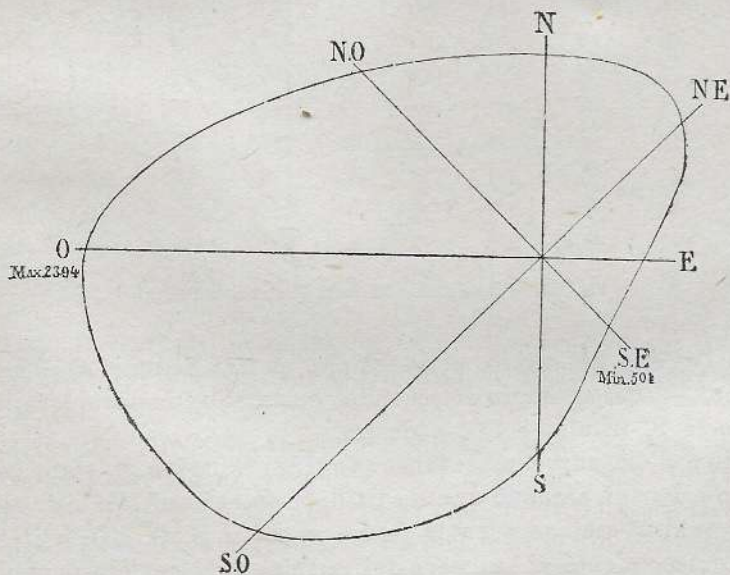



Fig. 155. — Rosa media dei venti d'estate a Parigi.

Se, per esempio, il vento del nord soffiasse tutto l'anno a detrimento degli altri, la figura sarebbe tutta in altezza e somiglierebbe alla let-

tera A, lasciando appena il posto per gli altri venti, rari nella nostra ipotesi. Se, all'incontro, fosse il vento del sud che unicamente predominasse, la figura somiglierebbe alla lettera V. Se i venti soffiassero egualmente in tutte le direzioni, la figura piglierebbe la forma d'un cerchio. E ciò è facile a comprendersi. Invece di tracciar linee nella direzione del vento, si possono tracciare sotto il vento, cioè nella direzione opposta. La figura piglia allora una forma simmetricamente contraria.

Ambi i sistemi sono buoni: il primo è più *diretto*, il secondo rap

Fig. 156. — Rosa media dei venti d'autunno a Parigi.

presenta l'*effetto* del vento, per esempio, su una fiamma. Qui mi varrò del primo. — Per ottenere il secondo, basterebbe capovolgere il libro, mettendo la S. in alto e l'O. a destra.

La prima delle curve precedenti (fig. 152) raffigura lo stato generale del vento a Parigi, secondo una media di sessant'anni. Vedesi, al primo sguardo, quanta ampiezza ha la figura verso il S. O. l'O. e il S., ampiezza corrispondente ai numeri del primo dei tre prospettini precedenti.

Questa stessa serie di sessant'anni di osservazioni quotidiane regolari, ci dà i seguenti numeri per la direzione dominante dei venti secondo le *stagioni*.

RIPARTIZIONE DEI VENTI A PARIGI PER STAGIONE:

(Proporzione su 10 000 venti per stagione.)

	N.	N.-O.	O.	S.-O.	S.	S.-E.	E.	N.-E.
Inverno . .	962	955	1599	1917	1725	1034	676	1132
Primavera .	1343	1078	1542	1637	1312	729	792	1567
Estate . .	1055	1337	2794	2103	1070	501	635	1015
Autunno .	791	791	1586	2083	1809	940	775	1045

Vedesi (fig. 153) che d'inverno i venti più frequenti sono quelli del S. O. e del S.; che di primavera (fig. 154) sono quelli del S. O. e quelli del N. E. (corrente polare); che d'estate (fig. 155) sono i venti d'O.; e che d'autunno (fig. 156) i dominanti sono il S. O. ed il S.

Se esaminiamo ogni mese separatamente, constatiamo la divisione che segue:

REGIME MENSUALE DEI VENTI A PARIGI.

(Proporzione su 10 000 venti al mese.)

	N.	N.-O.	O.	S.-O.	S.	S.-E.	E.	N.-E.
Gennajo . . .	115	95	155	176	158	110	68	123
Febbrajo . .	104	102	175	171	193	100	62	93
Marzo . . .	123	100	172	172	123	64	66	180
Aprile . . .	143	118	141	136	141	71	86	155
Maggio. . .	127	105	149	182	181	84	86	136
Giugno. . .	131	130	211	200	93	59	53	128
Luglio . . .	97	144	257	210	106	49	46	91
Agosto . . .	89	124	249	220	122	43	62	91
Settembre .	99	98	150	293	162	73	87	128
Ottobre . .	77	102	160	187	198	195	78	53
Novembre .	62	91	165	236	182	103	68	93
Dicembre . .	70	90	151	226	168	100	73	122

È questo il risultato di quasi centomila osservazioni. Il vento dominante a Parigi è esattamente O. 13° S. Questa direzione è la più frequente e la più forte in media.

Se invece di collegare ogni punto al suo vicino con una linea *retta* supponesi, secondo Haeghens, che i venti intermedî siano proporzionali ai venti osservati, tracciasi una *curva* che riunisce, senza formare angoli, tutte le fatte osservazioni. In natura non vi sono salti repentini. Col tener conto di punti intermedî sono state tracciate le quattro rose precedenti per ogni stagione, costruite secondo i numeri del piccolo prospetto dei venti distribuiti per stagioni.

Ho preso separatamente i numeri dell' ultimo quadro (regime men-

suale), e portando intorno ad un centro delle lunghezze in millimetri,

Regime medio mensile dei diversi venti a Parigi.
Rose tracciate su base alla media di 60 anni di osservazioni all' Osservatorio.

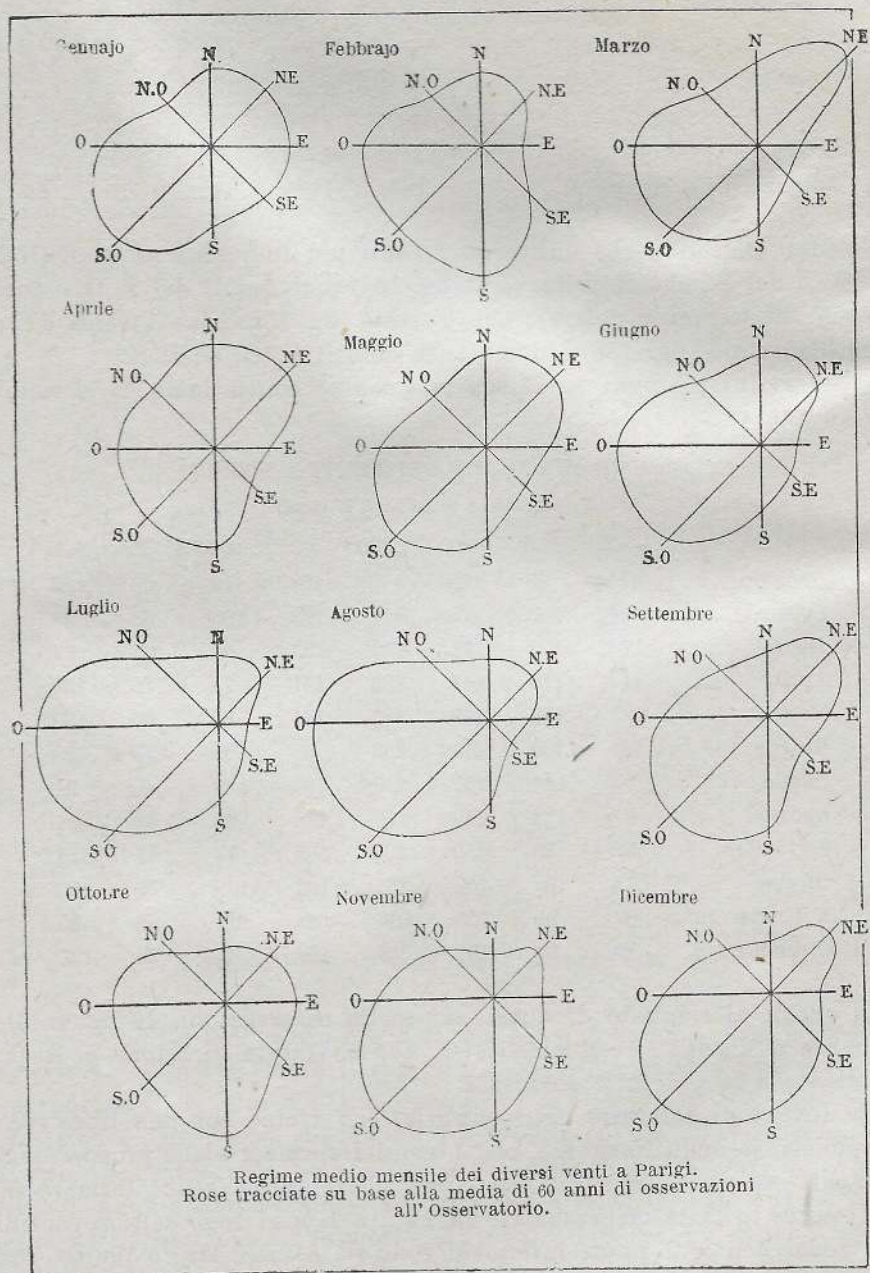



Fig. 157.

proporzionali alla frequenza relativa dei diversi venti (1^{mm} per 10), ho tracciato le dodici rose della figura 157 che rappresentano con esat-

tezza la media dei venti per ogni mese dell' anno all' Osservatorio di Parigi, in seguito a sessant' anni d' osservazioni.

L'Osservatorio meteorologico speciale stabilito nel parco di Mont-

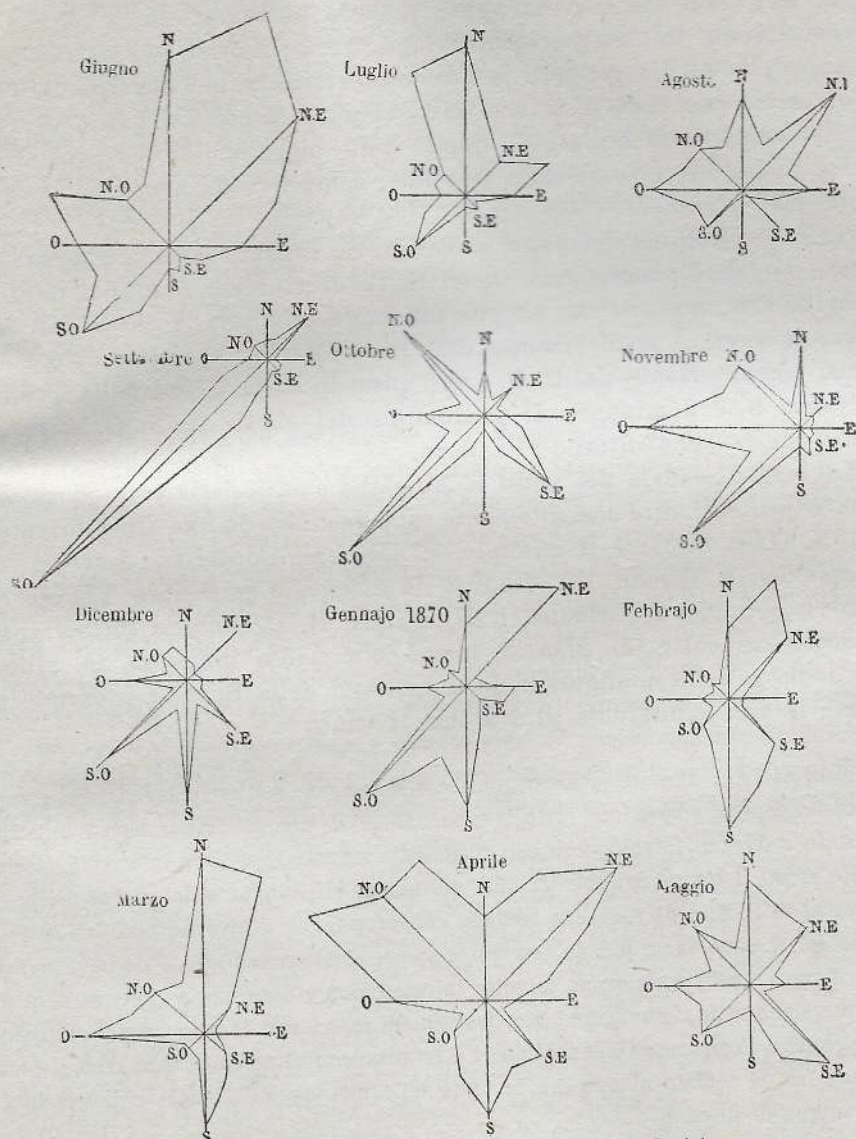



Fig. 158. — Il regime dei venti durante un anno a Parigi.
Osservatorio di Montsouris 1869-1870.

souris traccia pur esso le curiose curve del cammino dei venti, come quelle del termometro, del barometro, ecc. È questo un complemento prezioso per qualsivoglia pubblicazione meteorologica; e già ne avevano

fornito esempio l'Osservatorio di Bruxelles e i confronti di Glaisher, senza dimenticare i lavori personali di Lalande, che pel primo ha tradotto la meteorologia in figure geometriche parlanti. Scelsi ne' bollettini di Montsouris un anno intero di rose mensuali (fig. 158). Se confrontasi ogni mese con quelli della figura precedente, vedesi che il regime dei venti è lungi dall'essere identico ogni anno; i mesi si scostano più o meno dalla media generale, e questo scostamento nel governo dei venti è il primo carattere distintivo di ogni anno, tanto dal punto di vista della temperatura quanto da quello delle pioggie, cioè per ogni climatologia. Le curve sono state tracciate, come si vede, senza tener conto dei venti intermedî.

Tale è il regime dei venti a Parigi. Se consideriamo la Francia nel suo complesso, constatiamo che il S. O. domina nel nord, nel nord-est e nell' ovest, regione che si può chiamare atlantica, e che si abbassa verso la regione mediterranea, così che a Marsiglia, per esempio, soffia quasi costantemente dal N. O. e che quasi in tutto il sud della Francia il vento N. è dominante. Il predominio dei venti di N. O. esiste in tutta questa zona intorno alla terra.

La rosa mensuale dei venti a Marsiglia è curiosissima; in questo che essa è per così dire costantemente rappresentata da una linea orientata dal N. O. al S. E.: è il mistrale, sì noto sul litorale francese del Mediterraneo. A Tolone, l'O. domina da maggio a settembre, l'E. da ottobre a gennajo. A Lisbona, il N. e il N N. O. spirano tutto l'anno, alternandosi col S. O. Madrid, mercè la benefica influenza del rilievo del suolo e della configurazione a frastagli della Spagna, è variabilissima: la sua banderuola gira a tutti i venti.

I venti del N., d'estate soffiano quasi costantemente nell'arcipelago Greco, e sono da molto tempo conosciuti sotto il nome di *etesî*. Incominciano dopo il solstizio d'estate e durano talvolta fino agli ultimi d'autunno. Essi sono interrotti specialmente verso il tempo dei solstizî, cioè dei giorni più lunghi e dei giorni più brevi da venti di S.-E. e di S.-O. che soffiano con gran forza; d'inverno però le folate di vento del N. sono ancor più da temersi, e spesso sono accompagnate da neve o grandine. I venti etesî acquistarono talvolta in estate una straordinaria violenza, e, quantunque siano utili ai navigatori, non lasciano di essere non di rado perniciosi, freddi, e di coprire l'orizzonte di densi vapori. Essi nocciono altresì alla vegetazione, e non appena hanno soffiato alcune ore, le vette delle montagne d'Albania e di Grecia si ammantano di neve.

Risaliamo verso il nord-est. La tendenza dei venti del N. a dominare si fa sempre più spiccata: durante la maggior parte dell'anno, il N. ed il N.-E. regnano a Costantinopoli.

Cullati sul Mediterraneo, i Greci avevano studiate e descritte le varie direzioni del vento che gonfiava le loro vele. A tutta prima non ne distinguevano che due: il

nord, *Borea*, e il sud, *Noto*. La distinzione, riconosciuta tosto insufficiente, fu subito compiuta dal vento d'ovest, *Zefiro*, e dal vento d'est, *Euro*. Al tempo d'Omero, essi avevano già aggiunto gl'intermediarî: il N.-E. o Borea-Euro, il S.-E. o Noto-Afeliote il S.-O. o Argesze-Noto, ed il N.-O. o Zefiro-Borea. Si può anche osservare in Omero che il vento d'ovest, lo zefiro è rappresentato co' suoi veri caratteri; non è il vento leggiero e fiacco che gioca e folleggia in primavera con Flora ne' componimenti galanti del secolo di Luigi XV; è il violento zefiro; il vento dal soffio pernicioso, quello cui gli altri non resistono; è lo zefiro dal fischio acuto, che spinge a sè dinanzi la tempesta e solleva i marosi. Ora questi sono i caratteri del nostro vento d'ovest o zefiro francese, vento dominante dell'Europa. È scorso gran tempo dacchè Augusto gli ergeva un tempio nei dintorni di Narbona, per indurlo a soffiargli nelle orecchie con minor violenza. Sulle coste di Bretagna tal vento disastroso rade la cima di tutti gli alberi. Tutti i meli di Normandia hanno il tronco inclinato dalla parte opposta al mare per effetto della forza e della persistenza di questo vento. Lo stesso avviene sulla costa d'Ingouville al disopra dell'Havre, e, in parte, lunghesso le nostre magnifiche rive.

Tale è il complesso del regime dei venti nelle nostre contrade. In sostanza domina la corrente equatoriale o la direzione S. O. La corrente polare o la direzione N. E., viene in seguito. Collo scorrere l'una contro l'altra, o l'una sull'altra, le due correnti generali producono direzioni differenti, per altro preparate altresì dalle condizioni locali e da fenomeni atmosferici di cui parleremo più innanzi. Se disponiamo la rosa mensuale del regime dei venti a Londra (fig. 160), constatiamo la dominazione del S. O. sotto una forma meglio spiccata che a Parigi. Il sunto delle osservazioni fatte in venti anni consecutivi (1840-1860) al l'Osservatorio di Greenwich, e che ho ricevuto testè dal mio celebre corrispondente Glaisher, direttore del servizio meteorologico di quell'Osservatorio, dà le medie seguenti per la frequenza relativa di ogni vento:

Il vento del N. soffia in media	41	giorni
» » N.-E.	48	»
» » E.	22	»
» » S.-E.	20	»
» » S.	34	»
» » S.-O.	104	»
» » O.	38	»
» » N.-O.	24	»
Giorni di calma	34	»

(Vedi la fig. 160.)

La rosa dei venti di Bruxelles guida allo stesso risultato (vedi fig. 161), e già abbiamo constatato il predominio della corrente equatoriale dal complesso delle osservazioni fatte sull'intera Europa.

A Berlino erasi dato principio ad eccellenti lavori meteorologici che potrebbero esserci di utile grandissimo per uno schizzo generale della meterologia dell' Europa. Ma dacchè domina il militarismo, dall' anno 1863, in cui la fatalità spinse Bismark al potere, questa infelice nazione è completamente perduta per la scienza e per la filosofia, colla quale essa era stata alleata nei giorni di pace e di felicità.

$\frac{1}{10585000}$
Kilometri
25 50 100 150 200

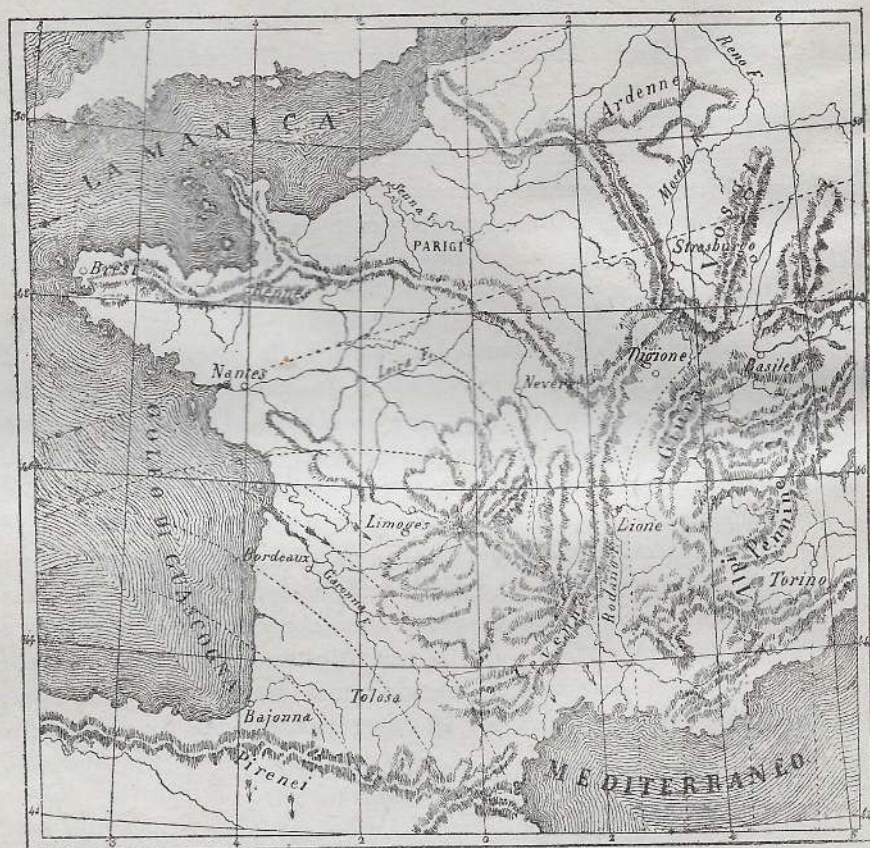



Fig. 159. — Carta dei venti dominanti in Francia.

Pare certo che il vento non si propaghi soltanto per *impulsione*, ma anche per *aspirazione*. Questo secondo modo merita di essere ponderato perchè fornisce un dato importante sulla causa del movimento. Sembra che Franklin sia stato il primo a fare tale osservazione. Egli riferisce in una sua lettera, che avendo voluto studiare un'eclisse di luna a Filadelfia, ne fu impedito da un uragano di nord-est manifestatosi verso le sette pom., il quale, come al solito, coperse di dense nubi tutto il

cielo. Alcuni giorni dopo, fu sorpreso nell'udire che a Boston, situata circa quattrocento miglia al nord est di Filadelfia, la tempesta era cominciata alle 11 pom., molto tempo dopo l'osservazione delle prime fasi dell'eclisse; e, confrontando insieme i rapporti raccolti nelle diverse colonie, Franklin osservò costantemente che questa tempesta del nord-est era scoppiata più tardi in ragione della giacitura più settentrionale della stazione, e che quindi il vento spirava in un senso e avanzavasi progressivamente nel senso opposto.

In appresso furono osservati moltissimi uragani che presentavano sì particolare carattere nelle loro direzioni. Nondimeno, quasi sempre, il vento si avanza nella direzione verso la quale soffia.

Il terribile uragano di S. O. del 29 novembre 1836 passò su Londra

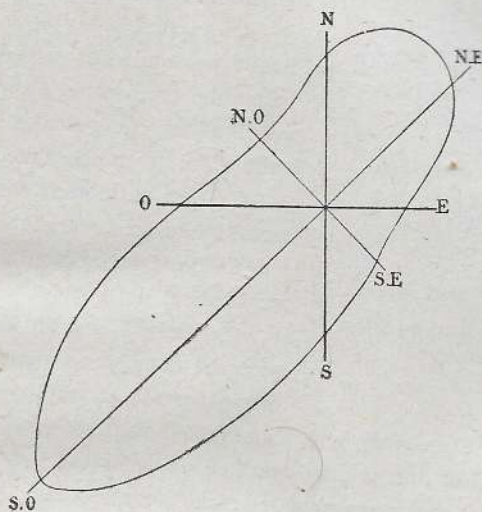



Fig. 160. — Rosa media annuale dei venti a Londra.

alle 10 ant., all'Aja alla 1, ad Amsterdam alla 1 e mezza, ad Emden alle 4, ad Amburgo alle 6, a Lubecca, Bleckede e Salzwedel alle 7, infine a Stettino alle 9 e mezza pom. Trasportavasi dunque nella stessa direzione nella quale soffiava, e impiegò 10 ore a percorrere lo spazio che separa Londra da Stettino. La sua velocità era quindi di 86 metri al secondo, o di 13 chilometri all'ora.

Forse il vento comincia in un punto situato in mezzo alla regione che occupa, e di là si dirige indietro e innanzi. Le brezze di terra e quelle di mare, di ben nota cagione, appoggerebbero la teoria. La brezza di mare si fa sentire prima sulla costa, poi, dopo alcune ore, nell'interno delle terre e in alto mare. Accadrà quindi che un vento dell'est soffierà dapprima in Germania e più tardi in Olanda ed in Russia.

Daremo, in uno schizzo generale, la distribuzione dominante del vento sul complesso del globo.

Supponiamo una nave che parta dal cerchio polare artico per dirigersi all'equatore, attraversarlo, e andar al centro polare sud. Ecco quale successione di venti incontrerà:

1.° Mettendo alla vela, essa naviga nella regione dei venti di sud-ovest, o contro-alisei del nord, così chiamati perchè soffiano in direzione opposta agli alisei dell'emisfero del nord.

2.° Dopo di aver intersecato il parallelo di 50°, e prima di giungere a quello di 35°, essa attraversa la zona dei venti della parte dell'ovest, dove domina il sud-ovest e dove la corrente di nord-est prevale del pari sugli altri venti.

3.° Fra il 40.mo e il 45.mo grado, v'è una regione di venti variabilissimi e di cal e. Nell'anno i venti vi spirano ugualmente dalle quattro parti per tre mesi.

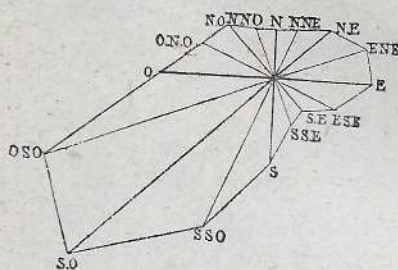



Fig. 161. — Rosa annuale dei venti a Bruxelles.

4.° Ai venti dell'ovest, che sino ad ora hanno predominato, succede la regione delle calme del tropico del Cancro, indi quella dei venti alisei, che guidano la nave fino al parallelo del 10° nord; dove

5.° Essa entra nella zona della calma equatoriale, che ha la larghezza di 5.°

6.° Dal 5° nord fino al 30° sud soffiano i venti alisei del sud-est.

7.° Viene in seguito la zona calma del tropico del Capricorno, analoga a quella che abbiamo trovata al tropico del Cancro.

8.° Dal 35.mo al 40.mo grado sud, dominano i venti che soffiano medianamente dall'ovest, estendendosi fino al nord-ovest ed al sud-ovest.

9.° Infine la nave raggiunge al 40.mo grado i contro-alisei del sud, i quali hanno la direzione del nord-ovest, e prevalgono lontano fin dove sono state fatte le osservazioni, dalla parte del polo australe.

Tale è lo stato generale del vento alla superficie del globo, e in particolare nei nostri paesi.

Se ora consideriamo l'*intensità* del vento, comprendiamo che la sua variazione, in apparenza sì irregolare, collegasi però come ogni rosa ai movimenti della Terra, alle stagioni ed ai giorni. Da quanto deducesi da venti anni di confronti fatti a Bruxelles, il vento è meno intenso ne' giorni più lunghi, e più intenso, all'opposto, nei più brevi; in giugno le indicazioni dell'intensità del vento danno 0,832, e in dicembre 1,227. Pare tuttavia che il mese di settembre faccia eccezione, poichè presenta evidentemente il minimo e non dà in media che 0,804; ma

questo mese fa in certa guisa eccezione pei nostri climi, per diversi rispetti.

È però da notarsi che durante i sei mesi in cui il sole è al disotto dell'equatore, la forza del vento supera la media dell'anno, mentre, all'opposto, la forza è generalmente inferiore alla media per ciascuno dei sei altri mesi.

L'intensità del vento varia pur anche colle ore del giorno. L'anemometro dell'Osservatorio di Bruxelles, che registra i venti ogni 5 minuti, dimostra come questa variazione diurna dell'intensità del vento estendasi di una media di 0,15 (mezzanotte alle 4 del mattino), a 0,21

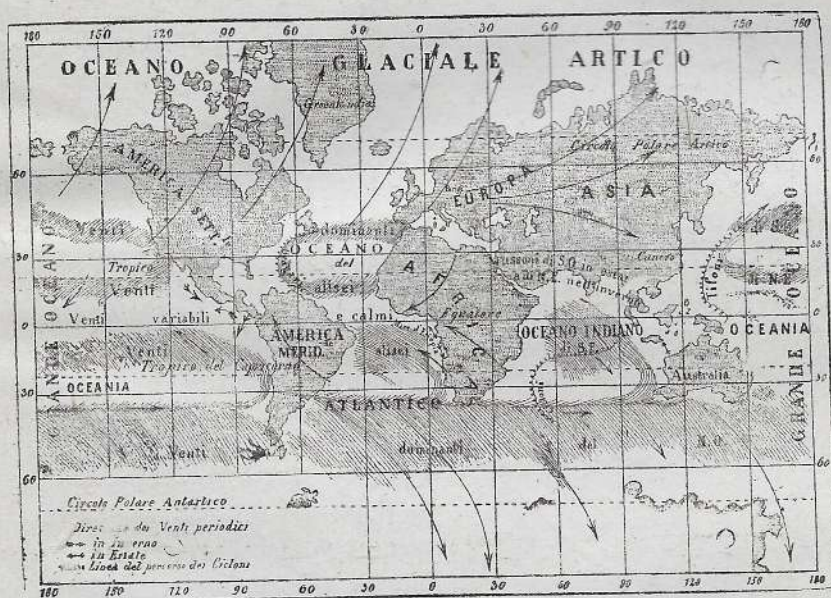



Fig. 162. — Carta dei venti generali dominanti sul globo.

(10 ore), 0,26 (mezzodì), 0,29 (2 ore), 0,28 (4 ore) e 0,23 (6 ore pom.). Tale variazione è visibile sulla curva della figura 164.

Così il vento verso le due del pomeriggio, ha una forza presso a poco doppia di quella che ha intorno la metà della notte.

Verrà il giorno in cui la strada dei venti variabili sarà determinata pei nostri climi come per la circolazione generale degli alisei e dei monsoni. Da molto tempo lo è per le regioni tropicali. Verrà il giorno in cui i venti superiori avranno rivelato al meteorista la via invisibile percorsa da essi nelle altezze aeree, come i pianeti hanno rivelato all'astronomo l'orbita misteriosa dalla quale non si scostano mai. Allora conosceremo, per ogni giorno dell'anno e per ogni paese, la direzione dell' onda atmosferica che deve passare sulle nostre teste. Allora sa-

premo mettere il capo dell'aerostato sovra un determinato punto della rosa dei venti, e viaggiare nell'aria, sull'ala pieghevole e soffice delle brezze profumate. L'attrito della presente locomotiva non farà più fremere l'inerte rotaja delle ferrate. Le vie aeree aperte all'industria dalla scienza, come lo sono state successivamente tutte le altre, ci offriranno le loro strade indistruttibili per la più magnifica, la più sublime traversata.

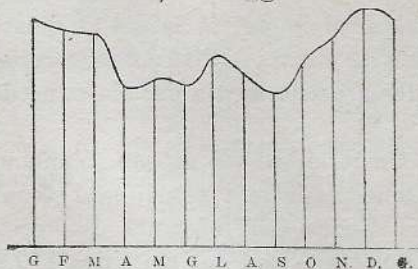



Fig. 163. — Intensità mensile dei venti indicata dall'anemometro.

Questo progresso sarebbe ottenuto nel ventesimo secolo, prima di cento anni, se i soldati scomparissero infine dall'Europa.

Le correnti di cui abbiamo or ora studiate le leggi, rappresentano una parte principale della natura. Esse favoriscono la fecondazione dei fiori agitando i rami delle piante e trasportando il polline a grandi distanze; rinnovano l'aria della città e mitigano i climi del nord, recando loro il calore del mezzodì. Senza di esse le pioggie sarebbero sconosciute nell'interno dei continenti, che si trasformerebbero in aridi deserti. Senza di essi, la Terra sarebbe quasi inabitata, intere contrade diverrebbero focolaî d'infezione, vasti cimiteri. Abbiamo veduto nel Libro primo gli effetti deleterî dell'aria rinchiusa. L'uomo diventa per l'uomo il più terribile veleno, le relazioni di tifi e di peste forniscono lamentevoli prove. I venti, solo i venti, possono attenuare o provenire questi mali, spazzando via le emanazioni, disseminandole nello spazio immenso, mettendo un'aria fresca e salubre al posto di un'atmosfera viziata. D'altra parte, avviene dell'aria come dell'acqua; il solo moto le conserva, sia che abbiano una vita propria, la cui essenza ci è ignota, sia che animaletti o avanzi vegetali e animali, decomponendosi nel riposo, spargano in una immobile atmosfera i loro principî deleterî.

Fig. 164. — Intensità diurna dei venti indicata dall'anemometro.

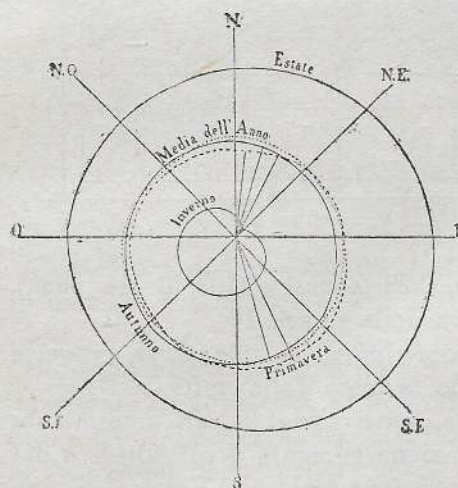



Fig. 165. — Rosa termometrica dei venti.

Non solo la vita però recano con sè i venti, che trasportano pur anco la morte sui paesi ove dominano. La febbre gialla, la peste, il

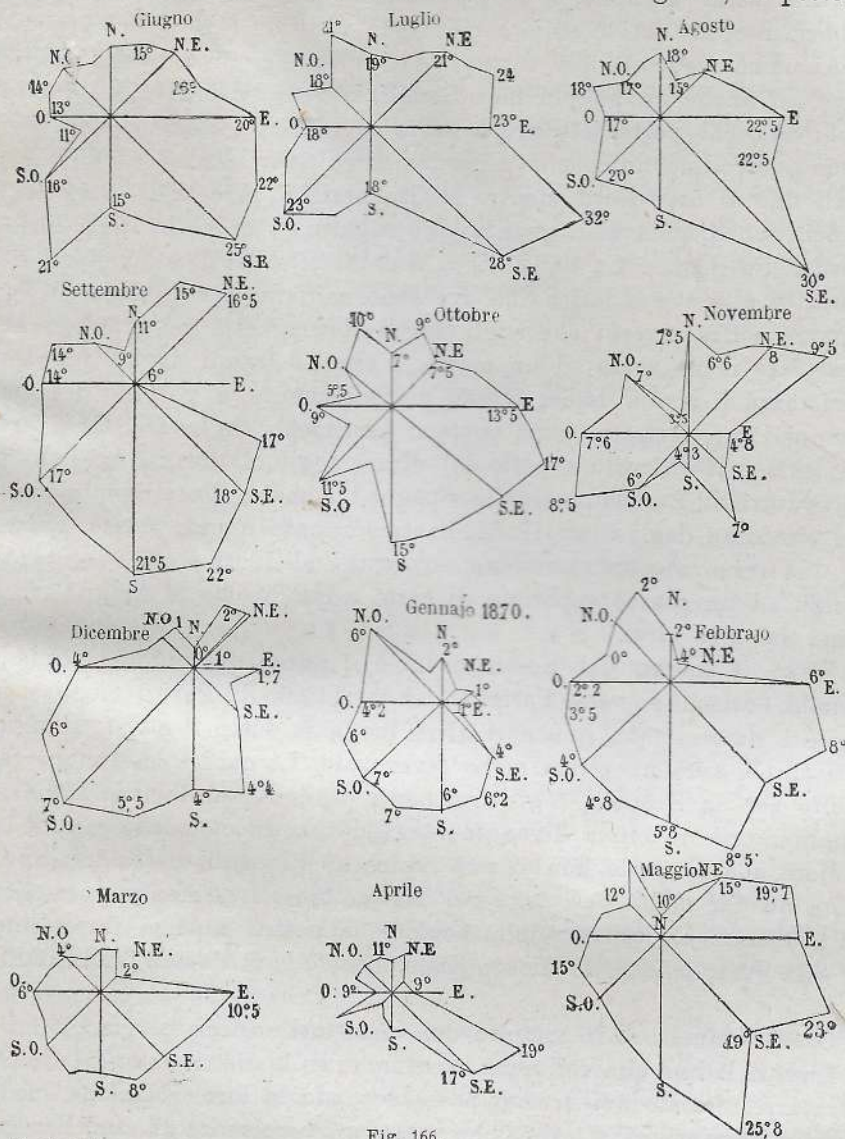



Fig. 166.
Gradi di temperatura corrispondenti ai vari venti, per ogni mese, durante un anno a Parigi. Osservatorio di Montsouris 1869-1870.

colèra, si sviluppano per contagio secondo le correnti atmosferiche particolari a certe regioni.

Venti leghe di lontananza non riparano Roma dall'aria micidiale che ha attraversate le paludi pontine. A Parigi, il vento di sud-ovest soffia

settanta giorni nell'anno; ponete un *agro romano* nella Mayenne, nella Sarthe, nella Turrena, e la popolazione parigina sarà decimata da febbri intermittenti e colpita nella sua virilità! (1).

Abbiamo visto che per tutte le latitudini uguali a quelle dell' Europa, ed anche un po' più meridionali, il vento dominante è quello di sud-ovest, che porta all'Europa l'aria calda dell'Atlantico, e le impartisce quel clima unico che permette di coltivare l' orzo ed alcuni cereali fino al capo Nord, mentre la Groenlandia, privata di tali soffî benefici, non disgela mai, quantunque raggiunga quasi le latitudini del nord della Scozia. La bella, ricca e dotta città di Boston, negli Stati Uniti, è alla stessa latitudine ove sono coltivati gli ulivi in Ispagna. Eppure soffre inverni che sugli stagni ed i laghetti dei dintorni fanno penetrare il ghiaccio ad un metro. I cinque grandi laghi americani, veri mari di acqua dolce, gelano profondamente, e portano d' inverno ferrovie improvvisate, come portano bastimenti in estate. Qual triste prodotto è il ghiaccio a petto dei vini e degli olî forniti agl'indolenti coltivatori di Bordeaux e della Spagna! Ebbene, l'intelligente attività del cittadino degli Stati Uniti ha trasformato questo stesso ghiaccio in una vera raccolta che viene esportata nell'India e nelle regioni tropicali, ad un prezzo superiore di certo a quello che le Asturie ritraggono dai loro olivi.

Verso il mezzo del nostro paese è il punto del più bel clima del mondo, cosicchè se verso l'oriente del meridiano di Parigi scegliesi una località determinata, qualsiasi altro luogo in tutto il globo, ad uguale latitudine, avrà un clima meno favorevole. La natura ha dunque fatto molto per la Francia, e gli argomenti diplomatici d' oltre Reno non cambieranno un clima divenuto leggendario, un cielo che si può invidiare, ma al quale non si può rapire nè l'incanto nè la dolcezza. Ci resta da far molto per toglierci dal nostro rilassamento passeggiero, ed affermare al cospetto delle nazioni la nostra potenza intellettuale, la sola vera, poichè, lo diceva Napoleone, « la forza non fonda nulla ».

Consideriamo ora il compito del vento nella climatologia.

I venti hanno una influenza dominante sulla distribuzione delle temperature, recando nei diversi paesi, secondo la loro situazione, modificazioni permanenti al clima che possederebbero senza di essi. Il regime dei venti trascina seco un regime di temperatura che gli è interamente collegato. Le correnti dell'atmosfera possiedono la temperatura delle re-

---

(1) Vi sono talvolta alterazioni singolari nella salute pubblica, che non possono essere cagionate che dal vento. Così, per esempio, il 27 luglio 1871, la metà degli abitanti di Parigi hanno avuto la colerina Non v'era stata altra perturbazione meteorica all'infuori di un formidabile vento di temporale che soffiò tutta la notte precedente.

gioni d'onde esse vengono. Ognuno ha osservata che, generalmente, il vento del nord è freddo ed il vento del sud caldo. Ma sarebbe cosa volgare l'accontentarsi di sì vaghi indizî e il dovere della scienza è di analizzare i fatti. Già da molti anni si è dunque avuto cura di confrontare le temperature indicate dal termometro nelle direzioni del vento osservato, e uno de' primi risultati fu quello di constatare che in Francia i venti provenienti dal sud-est e dal sud producono un aumento di temperatura di 3 o 4 gradi su quelli che soffiano dalla direzione opposta. Dopo di avere confrontato le temperature medie che corrispondono ai diversi venti, per alcune città dell'Europa, si è provato che l'influenza del vento varia secondo i luoghi, come risulta dal piccolo prospetto seguente:

INFLUENZA DEI VENTI SULLE TEMPERATURE.

	N.	N -E.	E.	S.-E.	S.	S.-O.	O.	N.-O.	Differenze
Parigi	11°,2	11°,5	12°,2	15°,1	15°,2	14°,7	13°,4	11°,9	4°,5
Carlsruhe	10 5	8 6	10 5	13 1	12 5	10 9	12 4	11 2	4 5
Londra	7 7	8 1	9 6	10 6	11 4	10 8	10 2	8 7	3 7
Dublino	7 4	8 1	9 0	9 6	10 5	10 1	8 9	7 5	3 1
Amburgo	8 0	7 6	8 4	9 5	10 9	10 1	9 2	8 4	2 5
Zecken (Slesia) . .	5 7	6 4	7 6	8 2	9 6	9 5	8 2	6 9	3 9
Arys (Prussia) . .	4 1	4 4	3 4	7 9	6 5	9 4	7 9	8 1	4 7
Reykiawik (Islanda)	1 7	2 1	5 1	7 2	8 1	3 9	7 7	7 6	6 4
Mosca	1 2	1 4	3 5	4 0	6 0	5 7	5 4	3 3	4 8

Vedesi che la differenza media fra l'influenza dei venti caldi e quella dei venti freddi si eleva a 3 gradi per Parigi e fino a 6°,7 per l'Islanda. Vi sono spesso differenze ancora più risentite.

Quasi dappertutto il vento più freddo soffia da una direzione compresa fra il nord e l'est. Il più caldo soffia presso a poco dovunque dal S. S. O. Mano mano che si penetra nell'interno del continente, esso più si avvicina all'ovest.

La fig. 165 dimostra questa influenza dei venti sulla temperatura media dell'anno a Parigi, e su quella delle stagioni. Essa è stata costruita, a partire dal centro, contando sulle direzioni di ogni vento. un millimetro per grado e riunendo con una curva le cifre relative ad ogni vento. È d'inverno che il vento di S. O. più inalza la temperatura e che il N. E. è più freddo.

Quanto precede è una nuova conferma della verità che in meteorologia nessun fenomeno è isolato: tutti agiscono e reagiscono gli uni sugli altri. Non appena il vento di S. O. spira nelle nostre contrade, agisce sulla temperatura, non solo pel suo calore, ma anche pei vapori che trascina e lo stato del cielo che ne è la conseguenza. D'inverno, i

venti umidi dell'ovest sono piuttosto caldi, perchè coprono il cielo di nubi e si oppongono così all'irradiamento terrestre; d'estate sono più freschi, perchè impediscono ai raggi solari di giungere alla superficie del suolo. Vedesi dunque come, d'estate, il più fresco sia il N. O, ed il più caldo il S. E.

L'Osservatorio metereologico di Montsouris s'è presa la briga di fare tali confronti, che tanto importano pel clima d' un paese. La pagina antecedente ha offerto le rose termometriche di ogni mese in un intero anno. Vi si vede, a primo tratto, che nell'estate del 1869, il vento più caldo è stato il S. E. e l'E. S E; che in settembre il minimo di temperatura corrisponde col vento d'E. ed il massimo col S. e il S. S. E. In ottobre il massimo appartiene ai venti fra S. ed E. Le figure di dicembre, gennajo, febbrajo e marzo dimostrano sotto forma assai spiccata l'aumento di temperatura dovuto ai venti del S. O., S. S. E., e l'abbassamento cagionato dai venti del N. E. In maggio il massimo corrisponde ai venti S. S. E. ed E. S. E.; il minimo al vento del nord.

Tutte le esposte osservazioni provano quanto questa influenza sia grande, e danno una idea delle profonde modificazioni ch' essa necessariamente deve arrecare alla temperatura media del luogo, aumentata da parecchi di questi venti, mentre altri all'opposto, l'abbassano. Questi risultati generali fanno vedere a sufficienza che la determinazione esatta delle temperature diurne, mensuali ed annuali è collegata in modo intimo alla frequenza relativa dei venti dominanti.

I venti non agiscono soltanto sulla temperatura: ma anche sulla pressione atmosferica. Ecco il risultato di moltissimi anni d' osservazioni fatti in argomento nelle principali città d' Europa.

INFLUENZA DEI DIVERSI VENTI SUL BAROMETRO.

VENTI	Parigi	Londra	Copenaghen	Berlino	Halle	Vienna	Stoccolma	Pietroburgo	Mosca
	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.	m. m.
N.	759,09	759,00	764,52	758,68	755,61	749,88	757,91	759,72	743,07
N.-E.	759,49	760,71	765,13	759,36	756,00	749,14	758,88	761,97	745,06
E.	757,24	758,93	763,69	758,77	754,51	745,78	757,31	762,00	743,90
S.-E.	754,03	756,83	759,40	754,69	752,14	748,30	754,73	762,25	741,74
S.	753,15	754,37	759,54	751,33	751,10	747,74	753,90	759,90	740,63
S.-O.	753,52	755,25	759,11	752,57	751,39	645,89	754,12	759,88	740,34
O.	755,57	757,28	761,07	756,00	752,21	745,84	756,04	759,43	741,06
N.-O.	757,78	758,03	763,40	757,62	754,24	749,16	765,56	757,58	741,76
Media	756,22	757,28	762,26	756,02	753,29	747,49	756,18	760,64	742,19

Il risultato generale di queste ricerche è che il barometro raggiunge la massima altezza coi venti compresi fra il nord e l' est, cioè, colle correnti più fredde, e la sua più debole alterazione coi venti compresi fra il sud e l'ovest, i quali sono precisamente i più caldi.

In altri paesi si sono ottenute conclusioni analoghe. E però sulla

costa orientale degli Stati Uniti e nella China, il barometro è in media più alto coi venti di nord-ovest, che sono i più freddi in dette regioni, e in media più basso con quelli di sud-est, la cui temperatura è maggiore. Il fatto dell' inalzamento del barometro per effetto dei venti freddi e del suo abbassamento coi venti caldi è generale ovunque si sono fatte osservazioni.

Si può conchiudere sotto una forma generale per tutto il nostro emisfero, che *il barometro tocca il massimo quando i venti soffiano dal nord o dall'interno dei continenti, il minimo quando essi vengono dall'equatore o dal mare.*

In Europa i venti più piovosi sono compresi fra il sud e l'ovest, e i venti più asciutti fra il nord e l'est. Ciò fa sì che piove più sovente quando il barometro è basso che non quando è alto.

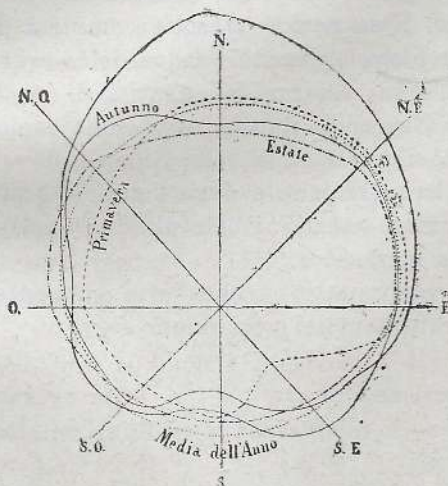



Fig. 167. — Rosa barometrica dei venti.

La fig. 167 riproduce la *rosa barometrica dei venti* per Parigi. La curva punteggiata è la media dell'anno. Le altre quattro son quelle delle stagioni. Vedesi che per la media dell'anno risulta più alto il barometro per effetto del vento di N. E. e più basso pei venti del S. D'inverno è il vento del N. che lo porta alla sua maggior altezza (la quale oltrepassa di molto l'altezza media) e il vento S. S. O. che lo fa scendere al minimo. In estate, la curva è amplissima per tutta la regione del nord; in autunno è alquanto irregolare; in primavera il minimo barometrico più sentito avviene pel vento del S. E.

L'esperienza giornaliera già c'insegna che l'aria non è umida nello stesso grado con tutti i venti. Quando il coltivatore vuol far seccare il grano o il fieno; quando la massaja sciorina la biancheria bagnata, i loro voti sono tosto esauditi se il vento d'est soffia con continuità:

ma col vento d'ovest ci vuole un tempo molto più lungo. Alcune operazioni di tintoria non riescono fuorchè coi venti d'est. Per quanto istruttive siano queste osservazioni, non potrebbero tuttavia indurci a dettar leggi rigorose.

Abbiamo visto nel Libro primo, che l'aria contiene costantemente, oltre i gas che la compongono certa quantità di *vapore d'acqua*, e che questo elemento ha la parte principale nell'assorbimento e nella distribuzione del calore alla superficie del globo, poichè l'ossigeno e l'azoto non hanno ufficio importante. Sarebbe utilissimo il conoscere numericamente la quantità di vapore esistente nelle diverse regioni del globo. La vita delle piante e degli animali, l'aspetto del paesaggio dipendono tanto da questo elemento quanto dalla temperatura. La secchezza e la umidità dell'aria hanno la maggiore influenza sullo sviluppo delle malattie. Noto è già che su tutti i mari l'aria è completamente satura di vapore acquoso. Mano mano che ci allontaniamo dalla riva la saturazione diminuisce. Essa però è talvolta completa del pari sulla terra ferma dopo lunghe pioggie, perchè l'acqua dolce evapora più facilmente dell'acqua salsa. Ma in sostanza la quantità di vapore acqueo contenuta nell'aria varia secondo i paesi, e vi sono regioni, come i deserti dell'Africa e dell'Asia, le steppe della Siberia, dove il suolo non produce la menoma evaporazione e dove l'aria è asciuttissima. I venti che vengono dal mare recano l'aria umida; quelli che vengono dai continenti portano aria secca.

La quantità di vapore acquoso che l'aria può contenere sospeso varía secondo la temperatura nelle proporzioni seguenti:

A — 24° la saturazione è di	1 gr		A 6° la saturazione è di	8 gr	25
— 15 »	2		10 »	10	57
— 9 »	3		15 »	14	17
— 5 »	4		20 »	18	77
— 2 »	5		25 »	24	61
0 »	5	66	30 »	32	
1 »	6		35 »	41	
4 »	7	32			

A 100 gradi, l'aria può assorbire il proprio volume di vapore acqueo, la tensione dell'acqua diventa eguale a quella dell'aria, essa bolle e la pressione del vapore è un'atmosfera.

Così più l'aria è calda, più può contener acqua allo stato di vapore invisibile. Supponiamo un metro cubo d'aria satura di vapore a 20°: esso ne contiene 17 gr. 77. Ora, se una corrente d'aria fredda sopraggiunge, e la riduce a 0°, siccome essa non può più contenere che 5 gr. 66, è obbligata di lasciarne cadere 13 grammi circa, se pure non

ha cambiato di volume. Tale condensazione produrrebbe pioggie quotidiane se correnti fredde giungessero ogni giorno sopra simili strati di saturazione, ed ogni soffio d'aria trasportata dalla superficie del suolo ad alcune centinaja di metri d'altezza, appunto per ciò, troverebbesi raffreddato a sufficienza per dar luogo a vapori condensati.

La quantità di vapore è piccolissima quando il vento soffia fra il N. ed il N. E., aumenta quando esso volgesi all'E., al S. E. ed al S. e raggiunge il suo massimo fra il S. ed il S. O. per diminuire di nuovo passando all'O. ed al N. O. La causa delle differenze è semplicissima. Prima di giungere a noi, i venti d'ovest passano sull'Atlantico e si caricano di vapori, mentre quelli che soffiano dall'est vengono dall'interno dei continenti dell'Europa o dell'Asia. Questi vapori si risolvono già in pioggia allorchè i venti occidentali arrivano in Francia; ma l'acqua evapora quasi immediatamente, e ne risulta che i venti d'ovest continuano ad essere più carichi di vapori di quelli dell'est. Siccome il vento O. S. O viene ad un tempo dal mare e dai paesi più caldi, può caricarsi di maggior quantità di vapore acqueo che non il vento di ovest, che è più freddo. Le stesso dicasi per l'umidità *relativa.*

Epperò, quantunque l'aria, per effetto del vento del nord, contenga una proporzione di vapore acquoso minore di quella dominata dal vento del sud, non lascia per questo di essere molto umida a cagione della sua bassa temperatura. Le stagioni modificano poi tal ordine. Nell'Appendice si troveranno i particolari del rapporto constatato fra la direzione del vento, l'umidità e *la pioggia.*

Dobbiamo ora spiegare la forza e la velocità del tempo considerato per sè stesso.

Conoscesi la freddura sulla leggierezza delle donne, tema favorito del diciassettesimo secolo:

Quid levius pluma? pulvis. — Quid pulvere? ventus. — Quid ventu? mulier. — Quid muliere? nihil.

Che havvi di più leggiero della piuma? la polvere — Della polvere? il vento. — Del vento? la donna. — Della donna? nulla.

Il satirico Bussy-Rubatin aveva fatto dipingere su una parete d' una sala del suo castello una gran bilancia; un piatto portava una farfalla l'altro una dama. La bilancia piegava dalla banda della farfalla! Ma la parte curiosa del simbolo è che la dama raffigurata era la cugina di Bussy, la signora di Sévigné!... Il signor Barbinet che racconta il fatto, aggiunge che gli fu narrato da testimonio oculare.

Senza continuare il paragone, possiamo osservare che il vento è di estrema leggierezza e d'estrema potenza insieme. Nessun elemento è più capriccioso nè più mobile, nulla è capace di più dolci carezze e in uno di più strana collera. La scala delle sue variazioni è di tale ampiezza

che riesce ben difficile il renderci esatto conto di tutta la scala che può percorrere, dal soffio che increspa appena la superficie del lago tranquillo fino all'uragano che sradica gli alberi ed abbatte gli edifizî. La tavola seguente darà un'idea dei diversi gradi di velocità ch'esso può acquistare:

TAVOLA DELLA VELOCITÀ DEL VENTO

	Velocità per secondo	Velocità per ora.	
	Metri	Metri	Leghe
Vento appena appena sensibile	0 5	1 800	0 45
Vento sensibile	1 0	3 600	0 90
Debole brezza	2 0	7 290	1 80
Vento moderato	5 2	19 800	4 95
Brezza sentita	7 5	21 000	5 25
Vento fresco o brezza (che gonfia le vele)	10 0	36 000	9 00
Vento più adatto ai molini	15 0	54 000	13 50
Vento eccellente pel viaggio di mare	20 0	72 000	18 00
Brezza forte	22 5	81 000	20 25
Vento freschissimo (fa ammainare le vele alte)	27 0	97 200	24 30
Vento impetuoso	36 0	129 600	32 40
Tempesta	45 0	162 000	40 50
Uragano che abbatte gli edificî	50 0	180 000	45 00
Velocità massima di rotazione di un ciclone	66 6	240 000	60 00
» della rotazione aggiunta alla traslazione	83 3	300 000	75 00

Ignorasi tuttavia a qual grado di velocità possano giungere le masse d'aria trasportate dai cicloni, poichè è nelle regioni superiori dell'atmosfera, ove il mezzo offre solo debole resistenza alle correnti aeree, che il vento di tempesta deve avere la rapidità maggiore. Ond'è che non basta constatare il viaggio delle molecole d'aria al livello del suolo, o a debole altezza per farsi un concetto della velocità colla quale si muove la massa atmosferica trasportata dall'uragano. Io ho constatato ne' miei viaggi in pallone (*Resoconto*, 1868, I. pag. 1116), che la velocità dell'aria aumenta generalmente coll'altezza. In una sua ascensione, il signor Coxwel ha fatto un viaggio di 110 chilometri in 60 minuti, quando sotto di lui gl'istrumenti indicavano 23 chilometri appena nella stessa ora. Il pallone che durante l'assedio di Parigi fu trasportato fino a Cristiania, capitale della Norvegia, percorse 1600 chilometri in 15 ore, cioè più di 26 leghe all'ora. Eppure alla superficie del suolo spirava un vento ordinario. Il pallone dell'incoronazione di Napoleone, che fu lanciato nel circolo di Parigi, il 16 dicembre 1804, alle 11 pomeridiane, volò direttamente verso Roma a portare la notizia dell'obbedienza del papa all'imperatore, cadde verso le sette ant. non

lungi dalla città, spezzando contro la tomba di Nerone la corona imperiale di 3000 vetri colorati, ch'esso portava; aveva percorso 1300 chilometri in otto ore, ossia 162 chilometri all'ora! V' ha però una velocità aerostatica più grande. Un giorno, il pallone Grean fu spinto verso Londra, colla forza di 64 metri al secondo! Questi fatti devono fornirci l'idea della velocità del ciclone a certa altezza sopra il suolo, quando sulla terra, disseminata d'ostacoli esso vola in ragione di 45 leghe all'ora; e sull'Oceano, colla rapidità di 60 a 75 leghe, quintuplicando la somma velocità delle nostre locomotive! Sì formidabile rapidità dell'aria alla superficie dell'Oceano e l'attrito delle molecole aeree, spiegano, come già lo faceva osservare Cicerone 2000 anni fa, perchè la temperatura dell'acqua si alzi dopo la tempesta.

Quanto alla pressione esercitata dalla corrente aerea, che si muove con velocità simile, è invero possente. In una memoria sulla costruzione dei fari, Fresnel valutava la più forte pressione del vento 275 chilogrammi al metro quadrato, ma è probabilissimo che in molti uragani questa cifra sia stata superata. Senza far menzione degli effetti prodotti dai grandi cicloni dei tropici, sotto la zona temperata sonsi presentati casi in cui la pressione esercitata dal vento sovra uno spazio poco esteso era di molto superiore alle previsioni dei meteoristi. Così, per citare un solo esempio, la temperatura del 27 febbrajo 1860, venuta dall'ovest e inoltratasi nella pianura di Narbona per la specie di stretto da cui passano il canale e la ferrovia del mezzodì ebbe tanta violenza da cacciar fuori dalle rotaje e rovesciare in parte due convogli, che investì di traverso fra le stazioni di Salces e di Rivesaltes; la pressione ha dovuto essere di 400 chilogrammi!

Il 14 febbrajo 1867, durante la tempesta, alcuni vagoni in riposo sulla linea di Napoléon-Vendée alle Sables d'Olonne, si posero in moto sotto la sola spinta del vento. Percorsero così una distanza di 4 chilometri circa. I cantonieri che li vedevano passare mettevansi come vuole il regolamento, dinanzi ai loro caselli, ritenendo fosse quello un convoglio suppletorio.

Gl'ingegneri della compagnia dell'Est hanno trovato, con una serie d' esperienze dinamometriche, che un vento di certa forza produce la resistenza di 12 Kg. per la velocità di 46 chilometri, ciò che dà 72 Kg. per carrozza e 936 per un convoglio di 13 carrozze. Questa resistenza può esprimersi col ritardo di un'ora e più nella durata del viaggio da Parigi a Strasburgo.

La forza meccanica del vento è proporzionale alla superficie dell'oggetto e in ragione diretta del quadrato della velocità; per la velocità di un metro al secondo, ogni metro quadrato, l' effetto prodotto equivale presso a poco a Kg. 0,125. È dunque un mezzo chilogrammo per 4 metri di superficie. Nei venti forti, la cui velocità è di 20 metri al

secondo, su ogni metro quadrato, si ha un effetto di 50 Kg.; allorchè, nei temporali, la velocità è di 40 metri, la pressione è quadruplicata e diventa 200 Kg. comprendesi quindi come possono essere abbattuti alberi e case.

La forza che le molecole d'aria non hanno per virtù della massa loro, esse la pigliano colla velocità, e diventano così capaci di produrre effetti quasi incredibili, poco conformi alle leggi della meccanica.

Per dare una esatta idea di codesti effetti, anticiperemo sull' argomento dei cicloni, citando alcuni de' troppo famosi disastri cagionati da uragani rimasti celebri.

Alla Guadalupa il 25 luglio 1825, case solidissime sono state demolite; un'ala intera di un edificio nuovo, costruito a spese dello stato, colla maggior solidità, fu completamente abbattuta Il vento aveva impresso tale velocità alle tegole, che alcune penetrarono nei magazzini forando grosse porte.

Un'asse d'abete lunga un metro, larga 2 centimetri e mezzo, e grossa 23 millimetri, turbinava nell'aria con tanta violenza che attraversò da parte a parte un tronco di palmizio del diametro di 45 centimetri.

Un pezzo di legno di 20 centimetri di squadratura, lungo 4 o 5 metri, spinto dal vento su una via chiusa e frequentata, si conficcò nel suolo quasi un metro.

Il bel cancello di ferro innanzi al palazzo del governatore fu interamente spezzato. Tre cannoni da 24 ruzzolarono fino alla estremità della batteria.

Nel 1823, un turbine, il cui diametro era di un chilometro, passò presso Calcutta, uccise in quattr'ore, 215 persone, ne ferì 223, atterrò 129 capanne da pescatori e fece passare fuor fuori un bambù da un muro grosso un metro e mezzo: la forza dell'aria in moto era quindi uguale a quella d'un cannone da 6.

A San Tomaso, nel 1837, la fortezza che difende l'entrata del porto fu demolita come se fosse stata bombardata. Massi di roccia furono strappati dal fondo del mare, da 10 a 12 metri d' acqua, e lanciati sulla spiaggia. Altrove, solide case, svelte dalle fondamenta, scivolarono sul suolo, fuggendo dinanzi all' uragano; sulle rive del Gange, sulle coste delle Antille, a Charleston, si sono vedute delle navi dare in secco lontano dalla costa, in mezzo alla campagna o nei boschi. Nel 1681, un bastimento d' Antigoa fu trasportato sulle scogliere fino a 3 metri al disopra delle alte maree, e rimase come ponte gettato tra due creste di scogli. Nel 1825, le navi che stavano nella rada di Basse-Terre scomparvero, e un capitano, per ventura sfuggito alla morte, raccontò che il suo brik era stato aspirato dall'uragano, sollevato fuori dell' acqua, e che, per così dire aveva fatto naufragio nell'aria. Masserizie spezzate e moltissimi rottami tolti dalle case della

Guadalupa furono trasportati a Montserrat di là d'un braccio di mare largo 80 chilometri, ecc. Nella tempesta scatenatasi alla Manica l'11 gennajo 1866, sulla diga di Cherbourg, si sono vedute pietre da 1 a 300 chilogrammi, lanciate dai cavalloni oltre il parapetto, a più di 8 metri d'altezza. Messo in furore dai venti che lo sconvolgevano, disse il vice ammiraglio La Roncière le Noury, il mare vomitava onde che, infrangendosi contro il forte, alzavansi fino a 60 metri... Più innanzi, nel capitolo dei *cicloni*, parleremo a lungo di tali effetti formidabili.

Per ispiegare questi fenomeni, v'ha una sola difficoltà, quella di sapere come l'aria abbia potuto ricevere nell'atmosfera sì prodigiosa velocità; poichè data codesta velocità, le azioni meccaniche più sorprendenti ne divengono necessarie conseguenze. È il gas in moto che scaccia la palla di cannone e lancia in aria grossi massi di pietra, quando la mina esplode. Si può forare un asse di quercia grossa 2 centimetri con un pezzetto di candela messo invece di palla nella canna del fucile: la forza del projettile dipende unicamente dalla velocità; è una esperienza che ho fatto più volte; bisogna tirare perpendicolarmente all'asse e quasi a bruciapelo.

CAPITOLO IV.

Di alcuni venti speciali.

L' AQUILONE — IL BORA — IL GALLEGO — IL MISTRALE — IL FOEHN — L'HARMATTAN — IL SIMOUN — IL KHAMSIN — IL TEBBAD — IL SIROCCO — IL SOLANO — LO SPLEEN.

Dopo di avere studiato la teoria e il modo d'agire dei venti generali, regolari ed irregolari, che soffiano alla superficie del globo, dobbiamo portare l'attenzione nostra sui venti speciali a certi paesi, e altresì sui movimenti atmosferici che attraversano i mari ed i continenti colla rapidità dell'uccello rapace, e sembrano far eccezione al sistema di leggi ordinate che regge la natura. L'analisi scientifica si è dedicata a questi fenomeni, e dimostra come essi obbediscano, al pari d'ogni altra cosa nell'universo. a leggi definite e determinate.

I cicloni, gli uragani e le tempeste formeranno l'oggetto del capitolo seguente. Come transizione, occupiamoci un istante di alcuni venti particolari più o meno celebri, formiamoci una esatta idea della loro indole rispettiva.

In Francia il clima temperato che sorride sulle nostre teste, allontana da noi i fenomeni atmosferici intensi che si manifestano sotto cieli meno ospitalieri. Le folate di vento e le tempeste delle nostre coste provengono dai movimenti ciclonici di cui parleremo più innanzi. I temporali formeranno argomento d'uno studio ulteriore. Come *venti* propriamente detti, che si distinguono un po' per la natura loro dal complesso dei venti generale, possiamo citare dapprima l'*aquilone* o vento del nord freddissimo e di intensità a volte violentissima. Nei nostri dipartimenti dell'est è molto temuto, perchè giunge quasi in linea retta dal mare del Nord; il Belgio e l' Olanda coperti di neve da esso attraversati, non hanno servito che a renderlo più freddo. In istria ed in Dalmazia, l'aquilone è conosciuto sotto il nome di *bora*, e la sua forza è tale che rovescia qualche volta cavalli e carrette. In Ispagna lo stesso vento del nord, e nord-est per questo paese, è denominato *gallego*.

Fig 168. — Il Simun

Nel mezzodì della Francia, il vento di sud-ovest, *freddo* e violento, che è passato sulle nevi delle Alpi e dei Pirenei, celebre sotto il nome di *mistrale,* merita particolarmente la nostra attenzione.

La sua cagione fu a lungo ignorata. La si attribuiva ad un raffreddamento improvviso del vento nel passare sui Pirenei o sulle Alpi. Il signor Marié Davy, in parecchie note pubblicate nel *Bollettino dell'Osservatorio*, nel giugno 1864, dimostrò la causa di questo vento non essere locale, e come i movimenti che gli danno origine si trasportino verso l'est al pari delle burrasche.

Raëmtz, in una comunicazione fatta all'Istituto, nel luglio del 1865, dimostrò con un prospetto di pressioni barometriche sulla Francia, la Spagna e l'Italia, prima, durante e dopo il mistrale, che è una vera tempesta proveniente da lontano, nè da ascriversi a raffreddamento improvviso del vento, nel passare sulle montagne.

Vuolsi notare che, man mano progrediscono gli studî meteorologici apprendesi a non più ricercare le cagioni di gran parte dei fenomeni ne' luoghi ove sono osservati, ma a connetterle a cause generali preponderanti, cui le circostanze locali sono subordinate.

Tutte le volte che il mistrale soffia, v'ha eccesso di pressione atmosferica all'ovest del golfo di Lione. Qualunque sia l'origine di cotesta pressione, essa accompagna in ogni stagione il mistrale

Il mistrale esige per prodursi, in qualsiasi stagione, le stesse circostanze riunite. Sia pure in un periodo di tempo bello o brutto pel sud-ovest dell' Europa, si richiede sempre un eccesso di pressione all'ovest delle Cevenne.

La violenza di questo vento dipende dalla forma dell' Istmo de' Pirenei. Non appena la direzione generale del movimento atmosferico oltrepassa alquanto l'ovest verso il nord, l'altipiano centrale e il nucleo delle Alpi deviano la corrente verso il golfo di Lione. Tal corrente, costretta fra le Alpi ed i fiumi nel senso della larghezza e dalle Cevenne nel senso naturale, costituisce una *rapida* sulle coste della Linguadoca: da ciò altra delle cause dell'eccesso di pressione sul versante nord-ovest delle Cevenne e la diminuzione di pressione sul Mediterraneo, dove il vento conserva una velocità non più in rapporto colla larghezza del letto.

Da ciò inoltre la violenza del vento del nord nella valle del Rodano fra le giogaje delle Alpi e quelle dell'altipiano centrale.

Il mistrale è il vento più secco di quei paraggi, perchè si è reso tale passando sulle Cevenne; è infatti piovoso sul versante nord-ovest di queste montagne; i venti delle regioni E. o S. vi conducono la pioggia, perchè sono venti marini sulle coste e sul versante sud-est delle Cevenne; sono asciutti sul versante opposto.

L'antipodo del mistrale è il *foehn.*

Questo vento caldo d'Africa, che giunge sulle Alpi, ha ricevuto dalla natura l'incarico di fondere le alte nevi delle montagne. Esso giunge, di notte, impetuoso, sui ghiacci, e scuote tutte quelle acque immobili che pare durino fatica a togliersi dal loro intirizzimento. Sembra che il terribile benefattore voglia distruggere la natura che viene a salvare. Spezza, confonde, devasta. Getta dalle alture massi enormi, alberi giganteschi e li fa ruzzolare nel letto de' torrenti. Strappa e fa volare lontano i tetti delle case. Il panico entra nella stalla; la mucca spaventata mugghia. Mio Dio! che sta per accadere? Viene la primavera

Il foehn si fa beffa del sole. Questo chiederebbe quindici giorni per fondere ciò che il vento d'Africa ha fuso in ventiquattr'ore. La neve non gli resiste. In due ore, al Grindelwald, ne scioglie uno strato alto due piedi. « La vita sotterranea delle misteriose piante alpine, la loro neve e le loro notti di otto mesi, tutto finisce. Al risvegliarsi dello stregone, esse vivono, vedono con gioja la luce della buona estate, e il loro coricino di fiori rallegrasi di poter un momento amare.

« Qual felice metamorfosi! quanti benefici! La vita, la fecondità, che sonnecchia in vetta alle Alpi, eccola dunque liberata. Più utile di qualsiasi fiume, le sue rugiade e le sue nebbie sono il delicato inaffiamento che ne dà la ricca prateria, il verde velluto di tappeti naturali.

« Fortunato chi, nella prima ora della grande metamorfosi, ha senso e orecchio per sentire il principio del concerto di tutte queste acque, quando migliaja, milioni di fonti si pongono a susurrare! » (Michelet.)

L'alta temperatura dell'interno dell'Africa è l'origine dei venti straordinarî che si fanno sentire sulle coste di Guinea, su quelle della Barberia, in Egitto, in Arabia, in Siria, nelle steppe della Russia meridionale ed anche fino in Italia. Questi venti denominati *harmattan, simoun, khamsin,* sono accompagnati da strane circostanze, sulle quali è utile dare alcuni particolari; essi sono specialmente caldi e asciutti, e seco trascinano turbini di polvere.

Chiamasi harmattan un vento che soffia tre o quattro volte ogni stagione, dall' interno dell' Africa verso l' Oceano Atlantico; nella parte della costa compresa fra il capo Verde (lat. 15° R.) ed il capo Lopez (lat. 105°). L'harmattan si fa principalmente sentire nei mesi di dicembre, di gennajo e febbrajo. La sua direzione è compresa fra l'est-sud-est ed il nord-nord-est; la sua durata è, di solito, un giorno o due, qualche volta cinque o sei; ha una forza moderata.

Quando soffia l'harmattan, inalzasi sempre una nebbia di specie particolare e sì densa, che appena appena lascia passare qualche raggio di sole verso mezzodì. Le particelle costituenti tal nebbia si depongono sull'erbe, sulle foglie degli alberi e sulla pelle dei negri, in modo che tutto allora sembra bianco. Ignorasi qual sia la natura di dette particelle; si sa soltanto che il vento non le trascina sull'Oceano che a breve

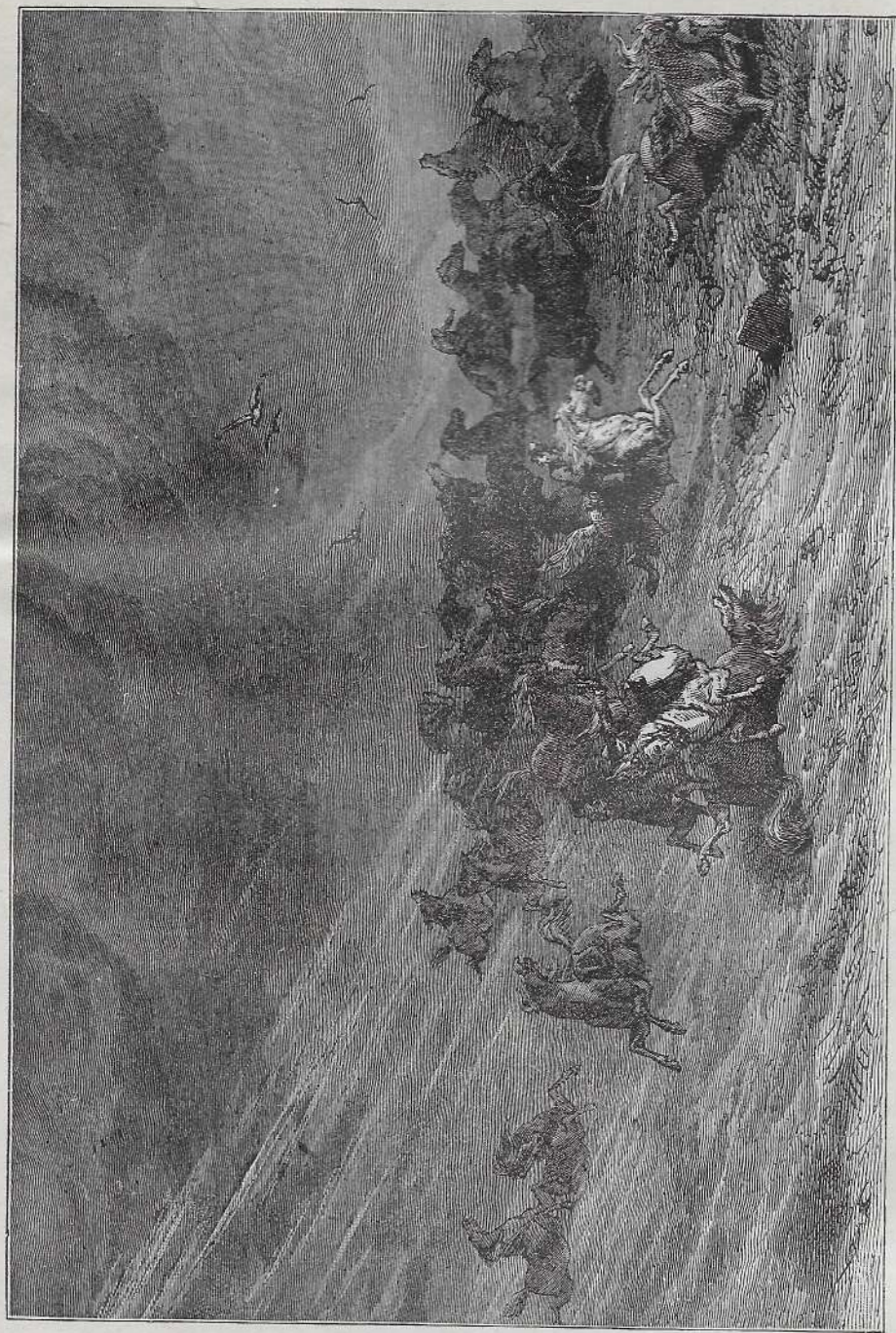



Fig. 169 — Un uragano nelle steppe mongole.

distanza dalle coste; ad una lega in mare, per esempio, la nebbia è già molto debole: a tre leghe, non ne rimane più traccia, quantunque l'harmattan vi si faccia ancora sentire in tutta la sua forza.

L'estrema secchezza dell'harmattan è altra delle sue proprietà più spiccate. Se il vento dura un po' a lungo, i rami degli aranci, dei cedri, ecc., disseccano e muojono; le legature dei libri (nè si eccettuano nemmanco quelli che, ricoperti di biancheria, stanno rinchiusi ne' bauli) si accartocciano come se fossero esposte a gran fuoco. I telaî degli uscî e delle finestre, i mobili scricchiolano e sovente si spezzano. Gli effetti di questo vento sul corpo umano non sono meno evidenti. Le labbra, gli occhî diventano asciutti e dolgono. Se l'harmattan dura quattro o cinque giorni consecutivi, le mani e la faccia si spelano; per iscongiurare siffatto inconveniente, bisogna stropicciarsi il corpo colla grascia.

Dal fin qui detto intorno ai tristi effetti dell'harmattan sui vegetali, lo si potrebbe ritenere un vento insalubre assai; si è tuttavia osservato l'opposto. Le febbri intermittenti, per esempio, sono guarite radicalmente dal primo soffio dell'harmattan. Gli estenuati dall'uso eccessivo de' salassi, che vien fatto in que' climi, ricuperano in breve le forze; le febbri remittenti ed epidemiche scompajono del pari, quasi per incanto. È tale insomma la salutare influenza di codesto vento, che, mentre soffia, l'infezione non può essere comunicata, neppure dall'arte, poichè sembra non abbia il vaccino efficacia finchè esso spira.

Le sue proprietà venefiche sono puramente imaginarie; non sarebbe neppure impossibile fossero state inventate dagli Arabi per ispaventare i viaggiatori che tentano di avventurarsi nelle contrade considerate da quelli come loro dominio. « In ogni tempo, dice Kaëmtz, l'Arabo del deserto, nomade e povero, ha detestato l'abitante delle città, che mena vita comoda e tranquilla. E però, quando il mercante è costretto ad attraversare il deserto, il Beduino gli vende la propria protezione a peso d'oro... Per gli abitanti delle città, il deserto era il teatro delle scene d'orrore più esagerate. Tutti i meravigliosi racconti d'avventure straordinarie trovano in essi uditori creduli o già impauriti, così come ai giorni nostri i Turchi si fanno dell'Europa le idee più false e ridicole Gli abitanti del deserto si guardavano dal distruggere tali errori che costituivano la forza loro; anzi li accreditavano ogni qualvolta visitavano le città; solo i negozianti che avevano attraversato il deserto conoscevano la verità; ma essi erano in picciol numero e traevano grossi guadagni da quei viaggi, onde cercavano di spaventare coloro che fossero stati tentati di imitarli. In tal guisa si sparsero simili credenze. »

Gli scrittori arabi sono pieni di menzogne su tutto ciò che riguarda il deserto. I viaggiatori europei hanno rincarata la dose. Il musul-

mano crede far opera meritoria ingannando l'infedele e chiudendogli l'accesso al deserto. Tutti coloro che vi sono andati hanno dato a sì ridicoli timori il valore che si meritano e gli Arabi stessi confessarono la propria esagerazione. Il signor L. Burckhardt, di Basilea, è il primo che ci abbia fornito spiegazioni positive sui fenomeni del deserto e in particolare sui venti che vi regnano. Egli ha così ridotte di molto le fantastiche narrazioni de' suoi predecessori Beauchamp, Bruce e Niebuhr.

Burckhardt racconta infatti che questo vento del deserto lo sorprese fra Siout e Esné.

« Quando si alzò il vento, egli dice, io ero solo, sul mio dromedario, lungi da qualsiasi albero, da qualsiasi abitazione. Mi sforzai di riparare il viso avviluppandolo in un fazzoletto. Intanto il dromedario, al quale il vento cacciava la sabbia negli occhi, divenne inquieto, si pose a galoppare e mi fece perdere la staffa. Rimasi coricato per terra senza muovermi, perchè alla distanza di dieci metri non vedevo, e mi ravvolsi negli abiti finchè il vento fu alquanto cessato. Allora andai in cerca del dromedario, che trovai lontano molto, sdrajato presso un cespuglio che riparavagli il capo contro la sabbia sollevata dal vento. » Malcolm e Moriem, che hanno attraversato i deserti della Persia, Ker-Porter, visitatore di quello che stendesi all'oriente dell'Eufrate, si accordano con Burckhardt per dichiarare che allorchè sono stati esposti al simoun, hanno provato un'impressione sgradevolissima, anzi molto penosa, la quale però non nocque affatto alla loro salute.

Non soltanto nei deserti di sabbia dell'Africa e dell'Asia sono da temersi i venti caldi, ma in quasi tutte le regioni continentali vicine ai tropici. Nell'India questi venti sono conosciuti sotto il nome di soffio dei demonî. Essi tormentano di frequente nella stagione asciutta, e spargono nelle campagne e nelle città lo spavento e la devastazione. Senza essere avvelenati, è ammissibile che venti animati da velocità formidabile, che portan seco fiumi di sabbia e la cui temperatura si eleva a 40° e più, possono esercitare sui luoghi ove passano un'azione malefica e diventare funesti agli Europei che non sanno garantirsene.

Verso l'epoca dell'equinozio, le tempeste diventano terribili nel deserto. Tutti hanno udito parlare del vento bruciante del deserto, del *Simoun* (in arabo: *semoun*, avvelenato). Questo vento pericolosissimo soffia anche in Egitto, dove lo chiamano khamsin (cinquanta) a motivo de' cinquanta giorni nei quali dura, venticinque prima dell'equinozio di primavera e venticinque dopo. Lo si chiama altresì Rih'-el-Yobli, vento del sud.

Il simoun s'annuncia nel deserto come un punto nero sorto all'orizzonte. Il punto nero ingrandisce rapidamente. Il cielo è invaso da un velo bianchiccio, onde di sabbia oscurano il sole e disseccano ogni verzura. Non prima spira, gli uccelli, spaventati, fuggono, il dromedario

cerca un cespuglio ove possa preservare gli occhî, la bocca e le nari dalle nuvole di sabbia; l'arabo si copre la faccia, si stropiccia il corpo di grasso, d'olio o di fango umido, si rotola a terra e sta coccoloni contro un albero fino a che l'orribile uragano sia passato. Il simoun è il più temuto nemico delle carovane che attraversano i deserti sabbiosi dell'Arabia e dell'Africa; gli si attribuisce la distruzione intiera dei 50 000 uomini mandati dal pazzo Cambise per ridurre in ischiavitù gli Ammoniti e appiccare poscia il fuoco al tempio di Giove.

Nel 1805, il simoun uccise e seppellì nelle sabbie tutta una carovana

Fig. 170. — Durante il passaggio del tebbad

composta di duemila persone e di milleottocento camelli. Più volte i nostri generali hanno provato serî timori sulla sorte delle loro colonne di soldati, costrette di passare nel deserto e dal simoun sorprese in marcia.

La polvere impalpabile che l'aria tiene sollevata in dense nubi penetra nelle narici, negli occhî, nella bocca e nei polmoni, e determina l'asfissia. Quando le cose non si spingono fino a tal punto fatale, l'evaporazione rapida che si determina alla superficie dei corpi, dissecca la pelle, infiamma la gola, accelera la respirazione e cagiona ai viaggia-

tori una sete ardente. Il soffio terribile del simoun aspira il succo degli alberi e con rapida evaporazione fa scomparire l'acqua contenuta negli otrî. La carovana è allora in preda a tutti gli orrori di una inestinguibile sete che accende il sangue. E però vedonsi le strade, di solito percorse dalle carovane, disseminate di scheletri d'uomini e d'animali imbiancati dal tempo e dal sole: sono le pietre miliari di que' sinistri sentieri.

Nel suo viaggio nell'Asia centrale, Arminio Vambery, scienziato ungherese, vestito da dervis, osservò l'uragano di sabbia e le terribili influenze del calore sull'organismo umano, attraversando il deserto fra Khiva e Bokhara (longit. 60°, latitud. 40°). Quand'ebbe abbandonato il paese de' turcomani e l'Oxus, la sua carovana entrò nelle sabbie...

La nostra stazione del mattino, ei dice, portava il grazioso nome di Adamkyrylgan (traducete: il luogo ove periscono gli uomini), e bastava gettare uno sguardo verso l'orizzonte per convincersi che sì tragico appellativo non era stato dato per nulla. Si figuri il lettore un oceano di sabbia che estendesi fin dove l'occhio può giungere, dal soffio furioso degli uragani foggiato, da una parte, in alte colline, simili a cavalloni, dall'altra, all'incontro, rappresentante con certa verità la superficie d'un lago tranquillo leggermente increspato dalla brezza del tramonto; non un uccello nell'aria, non un animale vivente sulla terra, nemmeno un bruco, nemmeno un grillo. Non vedonsi altre vestigia se non quelle di cui la morte ha disseminato que' vasti spazî, mucchî di bianchi ossami, che il viaggiatore raccoglie e riunisce onde servano di guida al cammino di coloro che gli succederanno. Fatto l'esame degli otrî ritenevamo di non mancar d'acqua per più d'un giorno, ma essa diminuì con sorprendente rapidità. Questa scoperta raddoppiò la mia vigilanza sugli approvvigionamenti. Gli altri viaggiatori ritenendosi avvertiti, agirono nello stesso modo, e nonostante le nostre inquietudini, ci accadde talvolta di sorridere contemplando quelli tra noi che, vinti dal sonno, si addormentavano colle braccia teneramente strette intorno al loro otre. A dispetto del calore intensissimo, eravamo costretti di compiere, tanto di giorno che di notte, marcie di cinque o sei ore. Infatti più presto si esce dalle sabbie, meno si hanno da temere le disastrose influenze del *tebbad* (vento di febbre), che può seppellir tutti sotto la sabbia se viene a sorprendere tra quelle dune.

Mentre ci avvicinavamo alle montagne, il Kervanbasci ed i suoi nel mostrarci una nube di polvere, ci avvertirono che bisognava porre piede a terra senza ritardo. I nostri camelli, più pratici di noi, avevano già riconosciuto l'appressarsi del tebbad; dopo un clamore disperato, caddero in ginocchio, allungando i colli sul suolo e procurando nascondere la testa nella sabbia. Contro di essi, come dietro una trincea ci inginocchiammo, quando il vento passò su di noi con sordo fremito e ci avviluppò in una crosta di sabbia alta circa due dita. I primi granelli di cui sentii il contatto producevano su me l'effetto di una pioggia di fuoco. Se avessimo subito l'urto del tebbad a sei miglia di là, nelle profondità del deserto, vi restavamo tutti

infallibilmente. Non ho avuto agio di osservare tali disposizioni alla febbre ed al vomito che diconsi cagionate dallo stesso vento, ma dopo il suo passaggio l'atmosfera diventò più densa e più soffocante.

Astrazione fatta del tebbad, l'elevatezza della temperatura diurna ci stremava di forze, e due de' nostri più miseri associati, trascinandosi come potevano a fianco delle loro bestie, ammalarono in tal guisa, una volta esaurita la loro acqua, che bisognò legarli bocconi su' camelli perchè erano assolutamente incapaci di star al loro posto.

Finchè poterono articolare una parola, non udimmo uscir dalle loro labbra disseccate che questa monotona esclamazione: « Acqua, acqua!... per pietà, per pietà, qualche goccia d'acqua!... » Ohimè! i loro migliori amici rifiutavano spietatamente di sacrificare il menomo sorso del liquido che, per noi, rappresentava la vita; ed allorchè il quinto giorno arrivammo a Medemin Bulag, uno di quegli sventurati fu sottratto dalla morte alla tortura della sete. Assistetti all'agonia dell'infelice. La lingua era completamente nera; il palato aveva preso una tinta azzurro-grigia; le labbra erano color pergamena, la bocca aperta, i denti umidi. Dubito che a tali estremità si fosse potuto salvare facendolo bere; d'altra parte nessuno vi avrebbe pensato.

È orribile cosa vedere il padre nascondere al figlio, il fratello al fratello l'acqua di cui può essere provveduto; ma, lo ripeto, allorchè una goccia rappresenta un'ora di vita, quando si è alle prese colle angoscie della sete, le tendenze generose, lo spirito di sacrificio, che pur si manifestano di frequente in altre occasioni non meno critiche, perdono ogni efficacia sul cuore dell'uomo.

Ma inutilmente cerco di dare una lontana idea del martirio cagionato dalla sete; la stessa morte, lo credo fermamente, non è accompagnata da sofferenze più crudeli. Di fronte ad altri pericoli non ho mai trovato la lotta al disopra del mio coraggio; qui mi sentivo schiantato, abbattuto, annientato: mi credevo giunto al termine della esistenza.

Tommaso Guglielmo Atkinson, fu testimonio, nel 1850, dei rapidi uragani che scatenansi sulle steppe mongole.

Un silenzio solenne, egli dice, regna su quelle vaste ed aride pianure ugualmente deserte d'uomini, di quadrupedi e d'uccelli. Parlasi di solitudini delle foreste: ho cavalcato sovente sotto le loro oscure vòlte intere giornate; ma vi si sentivano i sospiri della brezza, lo stormir delle foglie, lo scricchiolare dei rami; talvolta persino la caduta d'un gigante della foresta, crollando per vetustà, risvegliava il lontano eco, scacciando dai loro covili gli ospiti spaventati dei boschi e strappando gridi di sorpresa agli uccelli impauriti. Non era la solitudine: le foglie e gli alberi hanno un linguaggio che l'uomo riconosce da lungi; ma in quegli aridi deserti nessun suono inalzasi per rompere il silenzio di morte che circonda perpetuamente il suolo calcinato.

Quivi era la sabbia sollevata in terrazze circolari: alcune misuravano da 15 a 20

piedi d'altezza; nel deserto ve n'erano d'ogni grandezza ed estesissime. Vedute dalla sommità delle più considerevoli, offrono il singolare aspetto d'immensa necropoli sparsa d'innumerevoli tumuli.

Mentre abbozzavo questo quadro, fui testimone della formazione d'un uragano al disopra delle acque. Dal nord veniva dritto a noi. I cosacchi andavano a riparare i cavalli dietro i canneti. La tempesta appressavasi con furiosa rapidità, lanciando enormi ondate nello spazio ed abbattendo la vegetazione sul suo passaggio. Vedevasi un lungo solco bianco avanzarsi nel lago. Quando fu a mezza versta, la sentimmo ruggire. I miei instavano perchè mi allontanassi; presi i miei schizzi ed altri oggetti, poi corsi ad unirmi al grosso del corpo sotto i canneti. Non prima giungevo al limitare di quel mobile bastione, che scoppiò l'uragano curvando fino a terra i cespugli e le canne. Quando entrò nella sabbia della steppa, cominciò a girare turbinosamente, portando mucchi interi nello spazio, inalzandone altri dove non ve n'era; era facile comprendere ora da che traessero origine quelle pretese tombe. La tempesta fu di breve durata: in un quarto d'ora era finita e tutto era ritornato tranquillo come prima.

Non v'ha nulla di più pericoloso dell'essere sorpresi in pianura da questa specie di tifone. Più tardi ne ho veduti scendere dalle montagne o levarsi dal fondo di una gola, sotto forma di massa nera, compatta, del diametro di mille metri e più che si slancia sulla steppa colla rapidità del cavallo da corsa. Tutti gli animali, domestici o selvaggi, furono spaventati davanti ad essa; perchè una volta avviluppati nella sua sfera d'azione, sono infallibilmente perduti. Gli ammirabili cavalli liberi fuggono a galoppo dinanzi alla tormenta che li caccia con furia...

In Europa conoscesi il sirocco d'Italia ed il solano di Spagna, che immergono gli abitanti in un grande abbattimento pel calore snervante che portano seco.

L'8 luglio 1770, mentre Brydione era a Palermo, cominciò a soffiare il sirocco: « Alle otto del mattino, egli scrive, apersi la porta senza alcun sospetto di tale cambiamento di temperatura, e in vita mia non sono mai rimasto tanto sorpreso. Sentii ad un tratto sul viso un'impressione simile a quella che avrebbe fatto il vapore ardente uscito dalla bocca d'un forno: ritrassi il capo e chiusi la porta, gridando a Fullarton che tutta l'atmosfera era in fuoco. » In tal momento il termometro, portato all'aperto, si alzò a 44 gradi.

Ecco in quali termini un chirurgo dell'esercito d'Africa spiega gli effetti del sirocco, durante una marcia fra Orano e Tlemcen: « Era lo scorcio di luglio del 1846; gran numero di soldati avevano dovuto soccombere, fulminati in certo modo dal calore. Il sirocco assalì la piccola colonna. Sotto l'influenza di quell'aria secca, pesante e snervante, il respiro diventò affannoso e sonoro; le labbra, le narici, screpolate dalla polvere ardente sferzata dal vento del deserto, erano dolenti ed aride: la gola contraevasi; una specie di incubo pesava sull'epigastrio.

Sentivansi sul viso folate di calore, seguite talfiata da vaghi fremiti e da uno spossamento di forze che s'avvicinava alla sincope. Il sudore scorreva in abbondanza, e l'acqua che avidamente bevevasi, senza estinguere l'insaziabile sete, accresceva il malessere e l'ansietà epigastrica. Il movimento ripugnava, ed un'agitazione invincibile faceva cambiar positura ad ogni istante; si soffocava sotto la tenda; all'aperto, l'ardente folata soffocava... La colonna era perduta se l'acqua fosse mancata. »

Per l'Inghilterra il vento d'est è un flagello terribile che soffia la malsania e lo spleen, del quale in Francia ridiamo, mentre è così serio in Inghilterra come il khamsin in Arabia ed il sirocco in Italia, quando però attraversa i deserti dell'Africa.

CAPITOLO V.

Le potenze dell' aria.

L'URAGANO. — IL CICLONE. — LA TEMPESTA.

Le due grandi correnti generali da noi più sopra studiate, una diretta dall' equatore ai poli, l' altra dai poli all' equatore, non circolano senza urtarsi, sopratutto nella regione di richiamo ove si uniscono, nella zona equatoriale. Diverse cause contrabilanciano l' azione generale periodica dei raggi solari e mettono ostacolo alla regolare successione degli spostamenti aerei. La diversità di temperatura dei continenti e dei mari fa variare da una parte la direzione normale e l' intensità delle correnti. Lo stato del cielo sotto i tropici, se molto tempo sereno o molto tempo nuvoloso, condensa il calore come in un focolare d'assorbimento, oppure lo dissemina su vaste contrade. Il rilievo del suolo, le alte catene di montagne e la loro temperatura, gli altipiani meno elevati e financo le valli medie, determinano qui, per così dire, l' incassamento ed il riposo delle masse d' aria, più lungi il loro scorrere su diverse inclinazioni, e altrove questo stesso rilievo costringe le correnti a gettarsi a destra ed a sinistra, a subire i risucchî come le acque d' un fiume od a slanciarsi con impeto per disopra gli ostacoli che le hanno irritate. I soffî d' aria che s' incontrano ponno riunirsi o combattersi, accrescere la scambievole potenza o distruggerla. Così nascono i venti forti, gli uragani, le tempeste.

Questi combattimenti atmosferici, che giungono talvolta a proporzioni gigantesche, sconvolgono intieramente la natura: lo studio paziente, laborioso dei meteoristi e de' marinaî è già in grado di analizzarli e riconoscere le leggi principali che li reggono. Gli americani Redfield e poReid, il professore Dove di Berlino, l' ammiraglio inglese Ritz-Roy, do immensi lavori, hanno formato una teoria delle tempeste, che fa conoscere e spiega nello stesso tempo i moti più violenti di cui l' atmosfera sia il teatro. Son questi i lavori che ci serviranno di guida per apprezzare come si conviene effetti sì potenti.

Tra' principali risultatid elle osservazioni, havvi quello di avere con-

statato non procedere gli uragani in linea retta, ma secondo una curva parabolica, e nello stesso tempo girare orizzontalmente sopra sè stessi con rapido moto di rotazione.

Questo movimento caratteristico di rotazione orizzontale ha fattc dare a tali giganteschi turbini il nome di *cicloni*, dalla parola greca *cyclos*, che vuol dire *cerchio*. Sono i veri uragani generali, non già piccole tempeste locali, risultanti dalla deviazione del vento per effetto della configurazione del suolo o dell' incontro delle diverse correnti ordinarie; si estendono su più centinaja di leghe quadrate e ne percorrono parecchie migliaja.

I *cicloni* sono vasti turbini, di diametro più o meno lungo, nei quali la forza del vento aumenta da tutti i punti della circonferenza fino al centro, dove regna una tranquillità di varia estensione. In questo centro però, il mare mantiensi orribilmente agitato. Nello spazio di calma non v' hanno nubi; il sole risplende, gli astri ricompajono, e credesi al ritorno del bel tempo, alla sicurezza intiera, quando si è da ogni lato circondati da una vasta cintura di temporali e di folate terribili, che non potrebbonsi schivare.

Intorno alla calma centrale, il moto rotatorio ha la stessa energia, e questa energia è spinta al massimo grado: in nessuna parte dell' uragano essa è così forte. Ond' è che giunti a siffatta regione del centro, passiamo dalla tempesta più violenta alla tranquillità più completa, e reciprocamente, lasciatala, passiamo dalla calma perfetta alla tempesta più violenta; ma allora i venti soffiano in una direzione affatto opposta a quella che hanno preceduto la calma; e ciò dev' essere poichè il loro movimento è circolare.

La prima zona centrale, che costituisce veramente l' uragano, e durante il cui passaggio avvengono tutti i disastri, misura in generale da 100 a 120 leghe di diametro, qualunque sia il limite estremo a cui giunge il fenomeno, poichè la sua potenza non è sproporzionata alla sua estensione.

La velocità di rotazione che anima gli uragani è variabilissima; è dessa che costituisce principalmente la violenza del turbine e che ne fa, pei luoghi cui incontra e le navi sulle quali si scatena, un uragano, un colpo di vento, o una semplice burrasca. Nelle grandi tempeste ritiensi che le molecole d' aria girino intorno al centro con una velocità di rotazione di 60 leghe all' ora, velocità che spiega le devastazioni ed i disastri prodotti dal passaggio della terribile meteora.

Il ciclone ha la prima origine nelle latitudini da 5 a 10 gradi. Non appena è nato si pone in moto, pel nostro emisfero, nella direzione del nord-ovest, continuando la stessa via fino a che sia giunto a certa latitudine, sulla quale esso gira verso il nord est e forma così una parabola le cui due linee si scostano più o meno l' una dall' altra.

La differenza di densità dei diversi strati atmosferici incontrati nel percorso, lo stesso moto rotatorio, devono dare al ciclone un movimento oscillatorio, per forma che, invece di descrivere una parabola regolare, la corsa del ciclone è piuttosto una spirale che si ravvolge intorno alla parabola.

Le navi che si trovano presso al centro della meteora sono sottoposte alla sua azione oscillante: d'onde quelle terribili folate, alle quali succede una tranquillità più o meno perfetta; d'onde le situazioni drammatiche, nelle quali la nave in pericolo vede il vento fare più volte e rapidissimamente il giro intiero della bussola.

Gli sbalzi di vento improvvisi e spaventevoli, che un tempo consideravansi come l'essenza degli uragani, tifoni, turbini, ecc., non pos-

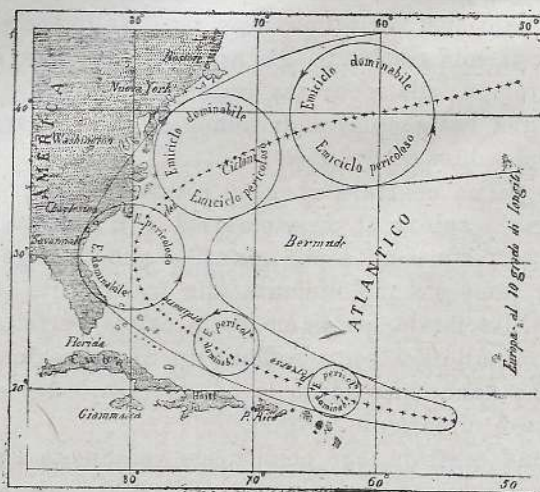



Fig. 171. — Percorso ordinario dei cicloni nell'Atlantico.

sono dunque presentarsi e non si offrono infatti che per coloro i quali trovansi direttamente, o poco meno, sul percorso del centro d'un ciclone.

Il ciclone contiene in sè il germe della propria distruzione prossima; a misura che si avanza corre verso regioni più fredde di quelle del suo punto di partenza; i vapori ch'esso contiene si condensano in pioggie torrenziali, e l'elettricità si sprigiona in grandi correnti; l'equilibrio già esistente è rotto, e la forza centrifuga, non più contrabilanciata, permette alla meteora d'estendersi con immense proporzioni.

Essa perde allora in violenza ciò che acquista in estensione: al punto di partenza occupa alcune leghe; ma abbraccia centinaja di miglia nel momento in cui, distrutto l'equilibrio delle forze, la meteora cade, effetto che producesi generalmente sotto una latitudine tra i 40° e i 45° gradi.

Quanto più sono rapide le scariche elettriche, tanto più presto scomparirà la meteora; e però talvolta accade che un ciclone termini la sua corsa senza raggiungere quelle elevate latitudini e senza compiere la seconda parte della parabola, che rimane allora incompleta.

Fra i 5 e i 10 gradi di latitudine e 45 e 60 di longitudine, allorchè un ciclone è vicinissimo al punto d'origine, si è riconosciuto che la

Fig. 172. — Il drago dei tifoni, da un disegno giapponese.

velocità di traslazione è abbastanza debole e varia da 2 a 9 chilometri all'ora, aumentando coll'aumentare della latitudine e col diminuire della longitudine, cioè a misura che l'uragano si avanza verso l'ovest.

Da 35° a 45° gradi di latitudine e da 50° a 30° di longitudine, la velocità di traslazione varia fra 10 e 20 chilometri.

Nelle latitudini più elevate, la velocità di traslazione aumenta ancora ed è stata constatata di 20 e fino di 33 chilometri all'ora.

La velocità più considerevole di *traslazione* stata osservata è quella del ciclone del mese d'agosto 1853, che dalle Antille venne al banco di Terra Nuova, colla velocità di 50 chilometri all'ora, la quale aumentava gradatamente di rapidità e giunse alle cifre di 60, 70, 80 e fino 90 chilometri all'ora, senza pregiudizio della velocità di *rotazione*, che si elevò fino a 60 leghe ogni ora. Ond'è che il vento può assumere alla superficie dei mari, una velocità di 75 leghe all'ora e forse più!

L'origine dei cicloni viene, secondo tutte le probabilità e tutti gli stabiliti confronti, dall'incontro di due correnti d'aria che circolano in senso inverso. Il punto della linea su cui queste due correnti vanno ad incontrarsi, forma un punto neutro, dove l'aria riceve un movimento di rotazione delle due correnti che si urtano su due direzioni opposte; è come il risucchio di un fiume, e ciascuno di noi può figurarselo esattamente dopo un minuto di riflessione.

Tali immensi turbini nascono tutti da ogni parte dell'equatore, nei luoghi e nel tempo del rovesciamento dei venti regolari. Il mio dotto amico, l'astronomo Poey, direttore dell'Osservatorio dell'Avana, ha constatato, mediante la minuta descrizione da lui fatta degli uragani che hanno devastato le Indie Orientali dall'anno 1493 (scoperta dell'America) fino ai giorni nostri, che su 365 grandi cicloni, 245, più di due terzi, avvennero in agosto ed in ottobre, cioè durante i mesi nei quali le coste fortemente riscaldate dell'America del Sud cominciano a richiamare verso di esse l'aria più fredda e più densa del continente settentrionale. Nel mare delle Indie sono più numerosi i cicloni quando cambiansi i monsoni e dopo l'estate. Nel prospetto dei temporali dell'emisfero meridionale, redatto da Piddington e compiuto da Bridet, non è fatto menzione d'un solo ciclone nei mesi di luglio ed agosto; più di tre quinti di queste meteore verificansi nei primi tre mesi dell'anno.

È nel tempo del cambiamento delle stagioni che le potenti masse aeree sovraccariche di elettricità si pongono in lotta per la supremazia e fanno nascere col loro incontro que' grandi risucchî che si sviluppano a spirali attraverso i mari ed i continenti. Nondimeno, il turbine, in altezza non occupa mai se non lieve parte dell'oceano dell'aria. Secondo Bridet l'altezza media degli uragani del mare delle Indie è di circa 3000 metri; secondo Redfield, è solo di 1800. Di solito lo strato girante delle arie è molto meno denso; talvolta anzi è di tale sottigliezza che i marinaî d'una nave contorta da un ciclone vedono al disopra delle proprie teste l'azzurro del cielo o le stelle. Sopra la meteora i venti seguono la loro via regolare.

L'analisi dei cicloni è dovuta principalmente a Redfield. La posizione di un osservatore in America è particolarmente favorevole alla soluzione di questa parte del problema, poichè gli uragani che costeggiano le rive degli Stati Uniti passano nella parte tropicale della loro

via sulle isole delle Indie occidentali, ove per la loro natura straordinaria hanno ricevuto il nome di « uragani delle Indie occidentali ». Quanto ai cicloni che scontransi nell'Europa centrale, di rado è possibile conoscere la parte tropicale della loro via, e ciò prova bastantemente che più sarà esteso lo spazio abbracciato dalle nostre osservazioni, meglio potremo evitare di pronunciar un falso giudizio nell'esame di questi fenomeni naturali.

L'instancabile meteorista Dove stabilisce, nella sua opera sulla legge delle tempeste (edizione di Parigi, pag. 173), che producesi un movimento ciclonico ogni qualvolta un ostacolo qualunque s'oppone al cambiamento regolare della direzione del vento che dipende dalla rotazione della Terra, e di conseguenza contraria la rotazione regolare della banderuola ad una stazione qualsiasi.

« Gli uragani delle Indie occidentali, egli scrive, nascono al confine interno della zona degli alisei, ossia nella regione delle calme, dove l'aria sale e si spande negli strati superiori dell'atmosfera e in direzione contraria a quella del vento aliseo; è probabile quindi sia la cagione prima de' cicloni l'intrusione di parte di questa corrente superiore in quella che è disotto.

« Imaginiamoci parimenti che l'aria, la quale sale sull'Asia e sull'Africa, scorra lateralmente negli strati superiori dell'atmosfera, fatto reso evidente dalle sabbie cadenti nell'oceano Atlantico settentrionale, e che si elevano a grande altezza, poichè sul picco di Teneriffa ne è talvolta oscurato il sole. Una corrente simile debbe avere la tendenza ad opporsi al libero passaggio della contro-corrente alisea superiore, e costringerla a ritornare nella corrente inferiore o vento aliseo. Il punto dove succede tale intrusione deve avanzarsi colla stessa velocità della corrente superiore obliqua che lo produce. L'interposizione di una corrente che va dall'E. all'O. con altra che va dal S. O. al N. E., deve necessariamente dar origine ad un moto di rotazione nella direzione contraria a quella delle sfere dell'orologio. Ond'è che il ciclone, avanzantesi dal S. O. verso N. E. nell'aliseo inferiore, rappresenta il punto di contatto e viaggiante delle altre due correnti, che negli strati superiori si avanzano in direzioni perpendicolari l'una all'altra. Quest'è l'origine del moto di rotazione e il viaggio ulteriore del ciclone si compirà necessariamente in forza degli stessi principî. Considerato quindi il ciclone come risultato dell'incontro delle correnti nei diversi punti, e successivamente, esso può allora conservare il proprio diametro invariabilmente per un tempo considerevole, e può anche scemare di estensione, quantunque il caso di aumento sia il più ripetuto.

« È inoltre perfettamente chiaro che se la spiegazione da noi testè data dell'origine del movimento ciclonico è esatta, un ciclone che gi-

rerà nella stessa direzione può essere cagionato dalla frapposizione di qualche ostacolo meccanico nella via di una corrente in cammino verso le alte latitudini settentrionali, ostacolo che costringe questa corrente a pigliare una direzione più meridionale (quella di un vento del S.) al suo fianco est che al fianco ovest, ove presso a poco rimane sempre ovest. Tale fu il caso offertosi nell' uragano della baja del Bengala nei giorni 3, 4 e 5 giugno dell'anno 1839. »

Il nome di ciclone è dunque in certo modo la designazione geometrica della parola più antica *uragani* (*hurrican* nelle vecchie geografie), come è delle *tornadi* che caratterizzano le coste d'Africa e de' *tifoni*

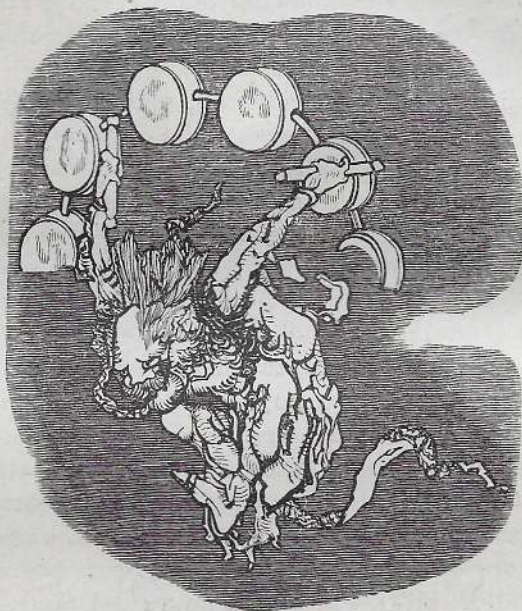



Fig. 173. — Il dio del tuono, da un disegno giapponese.

(*ti-foong*) de' mari della China. Le grandi tempeste osservate in cotesti paraggi sono dello stesso ordine dei cicloni dell'Atlantico. Dampier, il principe de' navigatori, descrive l'avvicinarsi del tifone con quell'esattezza che rende sì pregevoli i lavori di lui. Leggesi ne' suoi viaggi (II, 26):

« I tifoni sono una specie particolare di tempeste violenti che soffiano sulla costa del Tonkino e sulle coste vicine nei mesi di luglio, agosto e settembre; di solito si scatenano verso il plenilunio, e per lo più sono preceduti da bellissimo tempo, da deboli brezze e da cielo sereno. Le deboli brezze sono l'aliseo ordinario, che in tale stagione soffia dal S. O. e volgesi al N. ed al N. E. Innanzi il cominciare della tempesta, formasi al N. E. una densa nube: è nerissima verso l'orizzonte e di colore volgente al rame verso il margine superiore, e sempre più chiaro mano mano che

Fig. 174 — La tempesta.

si avvicina al margine esterno, di color bruno vivissimo. L'aspetto di questa nube è assai bizzarro, spaventoso; essa formasi talvolta dodici ore prima che scoppii la tempesta. Quando comincia a muoversi rapidamente, quasi subito si stabilisce il vento, la cui forza va ognora crescendo, e soffia con grande violenza al N. E. per dodici ore circa. Comunemente è anche accompagnato da colpi di tuono spaventosi, da larghi e frequenti lampi e da pioggia fittissima. Allorchè il vento comincia a scemare, cessa ad un tratto, e sopraggiunge una calma perfetta, che dura quasi un'ora; dopo di che il vento si alza dal S. O., ove soffia collo stesso furore e tanto a lungo quanto al N. E., e piove del pari come prima. »

La trajettoria che deve seguire il centro divide l'uragano in due parti eguali, ma assai diverse l'una dall'altra. Nell'una infatti il movimento di rotazione e quello di traslazione sono nello stesso senso; nell'altra, all'opposto, la direzione della traslazione dei venti e quella del movimento rotatorio si contrastano. Ne viene che, a uguale distanza dal centro, tira vento assai più nel primo emiciclo che nel secondo: d'onde il nome d'*emiciclo pericoloso* dato all'uno e quello d'*emiciclo maneggevole* dato all'altro.

Nell'emisfero settentrionale il ciclone gira da destra a sinistra, e cioè un osservatore situato nel centro del turbine vedrebbe il vento passare a sè dinanzi da destra a sinistra. L'emiciclo pericoloso si troverà alla destra di codesto osservatore se segue la stessa via del centro dell'uragano, e l'emiciclo maneggevole a sinistra.

Nell'emisfero meridionale, all'opposto, l'uragano gira da sinistra a destra; l'emiciclo pericoloso è a sinistra e l'emiciclo maneggevole a destra della linea di percorso del centro, seguitando la stessa strada dell'uragano.

La direzione del vento osservato ad un punto qualunque del ciclone di poco si allontana dalla tangente tracciata da questo punto al cerchio concentrico sulla cui circonferenza ci troviamo. Perciò essa è sempre presso a poco perpendicolare al raggio che da tal punto va al centro del cerchio concentrico o del ciclone. Ora, il senso di rotazione significa che, se voltasi la faccia al vento, si avrà necessariamente il centro a destra nell'emisfero nord ed alla sinistra nell'emisfero sud, ma sempre ad angolo retto colla direzione del vento.

Su quest'ultimo fatto appunto, indiscutibile oggi dopo le numerose osservazioni raccolte, sono basate tutte le teorie risguardanti i mezzi di evitare il centro di un ciclone allontanandosi dalla linea che deve percorrere. Più si è vicini al centro, e più il vento è forte, le sue variazioni sono risentite e improvvise. Di conseguenza è anche il luogo dove il mare sarà più cattivo, poichè esso vi riceve, ad intervalli brevi, venti diversissimi e di estrema violenza, e ciò dopo di essere stato sollevato da venti relativamente costanti, che hanno avuto il tempo di

agitarlo e di imprimergli una direzione che non è più quella del vento. Succede allora una lotta di onde brevi, capricciose, enormi, le quali vengono da tutte le direzioni e stancano orribilmente la disgraziata nave che sbalzano qua e là a loro talento.

Vuolsi evitare specialmente di trovarsi sul passaggio del centro del ciclone, ed è cosa facile.

Supponiamo che un centro di ciclone si diriga verso una nave. Su questa esso passerà inevitabilmente e alla destra e alla sinistra. Se deve passare disopra, la sua direzione rispetto alla nave non cambierà; ma allora neppure si cambierà quella del vento, che le è sempre perpendicolare, e la nave sentirà il vento crescer di forza senza cambiar direzione.

Se il centro deve passare alla destra della nave, si sposterà inoltrandosi a poco a poco verso la destra. La sua direzione varierà da sinistra a destra, ma quella del vento, che è legata alla prima, varierà nello stesso senso, cioè da sinistra a destra.

Avverrà il contrario se il centro passerà alla sinistra della nave.

Dunque se il vento cresce senza cambiare direzione, il navigatore si troverà sulla linea di percorso del centro; se il vento gira da sinistra a destra, il legno sarà sulla sinistra di questa linea; infine se il vento gira da destra a sinistra, la nave sarà sulla destra della linea del centro.

È evidente, secondo le leggi dei cicloni da noi testè esposte, che la posizione più pericolosa per un bastimento rispetto all'uragano è quella che lo conduce al centro, e gli sforzi di un capitano devono mirare ad allontanarsene.

Nulla è più facile di riconoscere questo centro. Più mezzi si presentano: colla scorta del nostro erudito collega Rambosson, indicheremo il più semplice.

Bisogna porsi nella direzione del vento che soffia, in modo da esserne colpito in viso. In tale posizione, secondo le leggi del ciclone, il centro dell'uragano è sempre sulla sinistra dell'osservatore, a 90 gradi dalla direzione del vento. È chiaro che stendendo il braccio sinistro orizzontale e parallelo alla superficie del corpo, si indicherà immediatamente la posizione di tal centro.

Questo metodo pratico e senza eccezione veruna è sì facile da ritenersi e da seguire, che non è più permesso ad un marinajo d'ignorare dove si trovi il centro fatale *che bisogna fuggire ad ogni costo.*

La scienza è dunque giunta al punto da scherzare impunemente con una nave nel cuore di sì terribili fenomeni, senza esporla a gravi danni.

Per un battello a vapore sempre padrone della sua manovra, fa osservare assai giudiziosamente Bridet, non v'è più uragano temibile. Senza dubbio può essere avviluppato nel turbine e soffrirvi burrasche violenti, ma più non dovrà paventare

nè i soffi terribili, nè gli sbalzi del vento che la espongono insieme a coloro che sono a bordo a quasi certa rovina.

Per un capitano istruito, un uragano non è nulla più di una tromba comune, intorno alla quale egli gira, avvicinandosene o scostandosene, a norma del bisogno.

Tutto è da lui previsto; egli sa i cambiamenti che farà il vento, la violenza delle folate, ed è sicuro di non essere fatalmente trascinato in mezzo a questo pericoloso centro cagione costante di inevitabili disastri.

I primi segni precursori del ciclone si leggono nello stato del cielo.

Alcuni giorni prima dell'uragano, nel momento del sorgere o del cader del sole, le nubi coloransi di rosso aranciato, che si riflette sul mare, e tale colorazione fa assistere a quelle levate ed a quei tramonti del sole sì brillanti, magnifici che destano un profondo sentimento di ammirazione in coloro che non hanno ombra di sospetto dell'imminenza del pericolo annunziato dallo stupendo quadro.

Mano mano che il ciclone si avvicina, la tinta rossiccia assume un colore più pronunciato che volge al rosso di rame, poi una fascia nerastra e fitta dà al cielo un aspetto sinistro. Le teste dei cumuli sono di color rosso rame, tinta che getta sul mare e su tutti gli oggetti che sono a terra un riflesso analogo, mercè cui l' atmosfera sembraci abbagliante di splendore metallico.

Gli uccelli di mare si aggruppano in fretta e vanno nelle terre in cerca di asilo contro i furori di una tempesta che presentono, sperando così di fuggire alla morte che li colpirebbe in alto mare.

Ma fra tutti i segni precursori della tempesta, il più sicuro e facile da interpretarsi è il movimento del *barometro*.

Siccome la pressione dell'aria va diminuendo dalla circonferenza al centro del turbine, l'avvicinarsi del fenomeno si manifesta sempre con un abbassamento barometrico. Questo stesso sintomo contradistingue le tempeste delle nostre regioni temperate, che per così dire non sono altro che dipendenze de' cicloni oceanici.

Il barometro comincia a scendere 12, 24 e perfino 48 ore prima dell'arrivo del ciclone.

Una calma uggiosa, accompagnata da aria calda e soffocante, regna per 24 ore, pare che la natura raccolga tutte le proprie forze per compiere l'opera di devastazione che sta per segnare il passaggio della funesta meteora.

Qualunque sia la via tenuta dall'uragano, si è alquanto più prossimi al centro non appena il barometro cessa di scendere. Allora, pel tratto di due o tre ore, vedesi l'istrumento salire ed abbassarsi ogni mezz'ora senza avere movimento deciso.

È un indizio certo che si è vicini al centro, che la maggior violenza è stata sentita, e che le folate di vento stanno diminuendo; indizio ras-

sicurante, che deve infondere speranza e fiducia in tutti coloro i cui interessi erano sì crudelmente minacciati.

Più completa è la rarefazione centrale e maggiore è l'abbassamento barometrico, e questa stessa rarefazione, prodotta in gran parte dalla forza centrifuga, aumenta in ragione dell'accrescimento del moto rotatorio, il quale costituisce la violenza delle folate di vento. Il barometro s'abbassa quindi a misura che la forza del vento si fa più intensa, e gli uragani più disastrosi sono altresì quelli che più lo influenzano.

La rarefazione dell'atmosfera nel centro dei cicloni è messa in chiara evidenza dal seguente prospetto dell'abbassamento, poi del rialzo della colonna barometrica, durante l'uragano scatenatosi su Saint-Thomas, il 2 agosto 1837, e la cui tranquillità centrale si è quella verificata alle 8 pom.:

2 agosto	6 ore antim.	760mm		2 agosto	7.50 pom.	712mm	Calma o prim.
	2 pom.	756			8.20 »	712	
	3.20 »	753			8.22 »	721	Uragano del S. E.
	4.45 »	749	Uragano del N. O.		8.38 »	726	
	5.45 »	744			8.50 »	731	
	6.30 »	740			9 »	735	
	6.35 »	734			9.25 »	742	
	7 »	731			9.50 »	747	
	7.10 »	726			11 »	752	
	7.22 »	718		3 agosto	2 ant.	755	
	7.35 »	714			9 »	760	

Variazione: 48 millimetri.

Sì profonde perturbazioni dell' aria sono forse, dopo le grandi eruzioni vulcaniche, le meteore più spaventose del pianeta, e non ci sarebbe da fare le meraviglie, dice Eliseo Reclus nella magnifica opera sulla *Terra*, che nella mitologia degli Indù, Rudra, il capo dei venti e degli uragani, abbia finito col diventare, sotto il nome di Siva, il dio della distruzione e della morte. Alcuni giorni prima che il terribile uragano si scateni, la natura, già triste e come velata, pare preveda un disastro. Le nuvolette bianche che viaggiano nell'aria coi contro-alisei si nascondono sotto un vapore giallastro, o bianco lucido; gli astri si circondano di aloni iridati; pesanti nuvoloni che, alla sera, offrono magnifiche gradazioni di porpora e d'oro, gravitano da lungi sull'orizzonte, l'aria è soffocante come se fosse passata sulla bocca d'immensa fornace. Il ciclone, che già si aggira nelle regioni superiori, si avvicina gradatamente alla superficie del suolo e delle acque. Brandelli di nubi rossiccie e nere sono trascinati con furia dalla tempesta, che penetra nello spazio e lo attraversa fuggendo, la colonna di mercurio si agita

pazzamente nel barometro e si abbassa con rapidità: gli uccelli si riuniscono in cerchio come per consigliarsi, poi fuggono a tutt' ali, per isfuggire alla meteora che li insegue. In breve, nella parte minacciosa del cielo, mostrasi una oscura massa: questa ingrandisce, si distende a poco a poco e ricopre l'azzurro d'un velo di tenebre e d'un riflesso sanguigno. È il ciclone che cala e piglia possesso del proprio impero, torcendo le sue immense spirali, e ad un silenzio terribile succede l'urlo del mare e dei cieli.

Nel principio dei cicloni, un rumore strano, sordo inalzasi e cade « con gemito simile a quello del vento nelle case vecchie durante le notti invernali » (Piddinton). Un rumore analogo, che viene dal largo ed annunzia la tempesta, è conosciuto in Inghilterra sotto il nome di richiamo del mare. Le folate di vento che attraversano l'aria durante il ciclone fanno sentire come un ruggito di bestie selvaggie, uno spaventevole frastuono d' innumerevoli voci e grida di terrore. Sul passaggio del centro, un formidabile fragore simile a scariche d'artiglieria, un continuo rombo di tuono; la voce stessa dell'uragano scoppia e domina tutto.

Il vento trova resistenza sui continenti; ma i fenomeni che vi si producono negli uragani non sono meno terribili. Le costruzioni che trovansi sulla strada della meteora sono svelte dalle fondamenta, le acque dei fiumi sono fermate e rifluiscono verso la propria fonte, gli alberi isolati si fendono e smuovono la terra colle radici, le foreste si piegano quasicchè formassero una cosa sola, ed abbandonano alla tempesta i rami schiantati, financo l'erba vien sradicata e spazzata dal suolo. Ne' solchi dell'uragano volano innumerevoli avanzi simili ai rottami di una nave, trasportati da corrente fluviale o marittima. Di solito l'azione dell'elettricità aggiungesi alla violenza dell'aria in moto per accrescere i disastri della tempesta; talvolta i lampi sono tanto numerosi, che scendono come cascate di fuoco; le nubi, le goccie di pioggia mandano luce; la tensione elettrica è sì forte che si son vedute, dice Reid, sprigionarsi spontaneamente delle scintille dal corpo di un negro. Una foresta dell'isola San Vincenzo fu morta per intero senza che pur un solo tronco fosse stato rovesciato. Così in Europa, sulle sponde del lago di Costanza, un grandissimo numero d'alberi rimasti in piedi a dispetto dell'uragano, furono completamente spogliati della scorza.

Violentissimi sopratutto sono gli effetti della meteora sulle spiaggie delle isole e dei continenti, dove la tempesta, giungendo con tutta la forza iniziale, non è stata peranco ritardata dagli ostacoli del suolo. Qui pure, nel generale disastro, sono divorate in maggior numero le vittime umane, poichè le navi si danno ritrovo appunto nei porti, mentre poi in varî punti delle coste trovansi terre basse che le acque spinte d'improvviso possono allagare su vaste estensioni.

Dopo Colombo, il primo europeo che abbia osservato gli uragani alle Antille, i flutti hanno ingojato migliaja di navi durante le vorticose tempeste dei mari tropicali, sia ne' porti o nelle rade, sia ne' mari che bagnano le coste della China, dell'Indostan e le rive dell'oceano Indiano. Un ciclone come quello di Calcutta nel 1864 o dell'Avana nel 1846, ha schiacciato più di centocinquanta grossi bastimenti in poche ore; un altro cataclisma dello stesso genere, specialmente quello che passò sul delta del Gange nell'ottobre 1737, affogò più di ventimila persone nelle acque straripate.

Nel mezzo dell'oceano i pericoli corsi dalle navi sono minori che nol siano nelle rade mal protette dalle coste; ma tanto più vive debbono essere le sensazioni provate dai marinaî, inquantochè son essi completamente isolati, perduti nelle spaventose tormente. D'intorno a loro il giorno è tenebroso più della notte; direbbesi che la poca luce che ancor rimane serva a far vedere le tenebre. I venti che urlano e fischiano, i cavalloni che s'infrangono l'uno contro l'altro, gli alberi che si piegano e si spezzano, i cordami del bastimento che si lamentano, tutte queste innumerevoli voci si confondono in un muggito spaventevole, disperato, che copre financo lo scoppio della folgore. Più non si distende il mare in onde larghe e possenti; ma bolle come enorme caldaja riscaldata dal fuoco di vulcani sottomarini. Le nubi basse scorrenti sull'acqua emettono spesso un bagliore che direbbesi il riflesso di qualche Geenna invisibile; allo zenit appare circondato da tenebre uno spazio bianchiccio da' marinaî chiamato « l'occhio della tempesta », come se realmente vedessero un Dio feroce nell'uragano scendere dal cielo per stringerli e scrollarli. Al certo, quando nel cuore dell'orribile tempesta i marinaî accettano la lotta contro gli elementi, e, sfidando la morte, tentano di manovrare per mettere in salvo la loro nave spoglia di vele e di alberi, essi offrono un sublime esempio della grandezza umana.

I Giapponesi, testimonî giornalieri di tali cataclismi, nei loro fantastici simboli hanno personificato il genio delle tempeste, da essi chiamato il *drago dei tifoni*, e lo raffigurano in mezzo alla pioggia nera e sinistra come un mostro aereo precipitato dalle nubi. Sì strani disegni, che mettono in scena le forze segrete della natura, ci presentano il *dio del tuono* sotto le sembianze d'ispido vecchio che scuote sonori tamburi, e il *dio dei venti* che vola nell'aria reggendo sulle spalle la sua otre sempre gonfia.

Per ben valutare questi formidabili movimenti dell'atmosfera giova avere un'esatta descrizione degli esempî più memorabili.

Il più terribile ciclone de' tempi moderni è probabilmente quello del 10 ottobre 1870, denominato il grande uragano, e che sembra abbia riuniti tutti gli orrori di sì terribili scene della natura. Partito dalla Barbada, dove nulla rimase in piedi, nè alberi, nè case, fece sparire una flotta inglese ancorata dinanzi a Santa Lucia, poi devastò interamente quelle isole, ove seimila persone furono schiacciate dal turbine piombato sulla Martinica, avviluppò un convoglio di trasporti francesi,

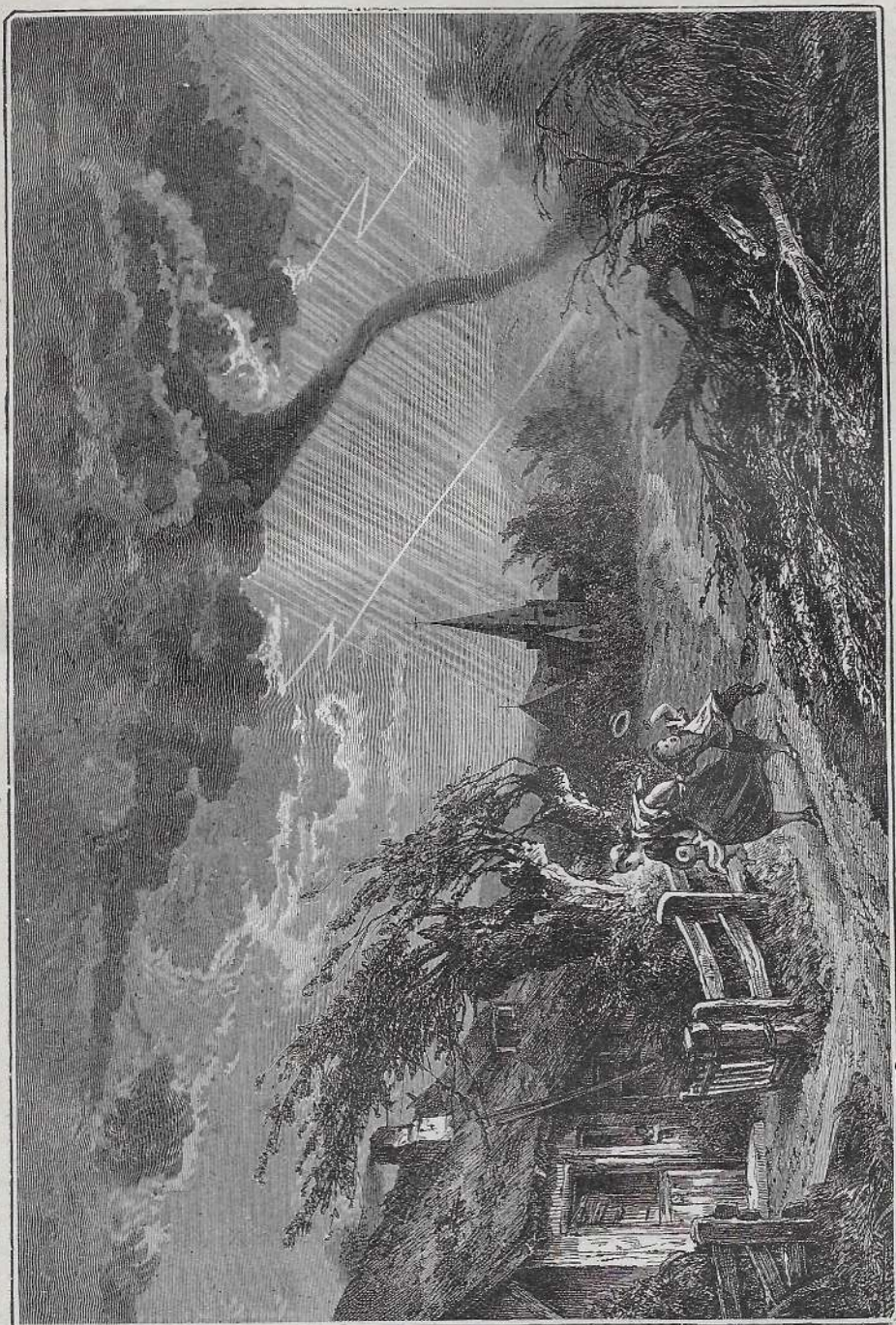



Fig. 175. — Tromba terrestre.

e fece colare a fondo più di quaranta navi con a bordo quattromila soldati. I bastimenti della spedizione *disparvero,* tale è l'espressione laconica usata dal governatore della Martinica nel suo rapporto. Più a settentrione, la Dominica, Sant'Eustacchio, San Vincenzo e Portoricco, furono devastate, e la maggior parte delle navi ch'erano sulla via del ciclone andarono a picco coi loro equipaggi. Di là di Portoricco, la tempesta ripiegossi al nord-est verso le Bermude, e, sebbene la sua forza fosse scemata gradatamente, distrusse parecchie navi inglesi in viaggio per l'Europa. La collera distruggitrice dell'uragano non fu minore a terra. Novemila persone perirono alla Martinica, mille a San-Pietro dove non rimase una sola casa in piedi, poichè il mare si elevò all'altezza di $7^m,5$, e centocinquanta case scomparvero in un istante lungo la spiaggia. A Porto Reale, la cattedrale, 7 chiese e 1400 case furono atterrate; 1600 malati feriti furono seppelliti sotto le rovine dell'ospitale. A Sant'Eustacchio sette bastimenti furono frantumati contro gli scogli, e dei diciannove che ruppero le gomene uno solo ritornò in porto. A Santa Lucia perirono 6000 persone; le costruzioni più massiccie furono svelte dalle fondamenta: un cannone fu trasportato a più di 30 metri lontano.

Il mare crebbe a tale altezza che demolì il forte e rovesciò un fabbricato contro l'ospedale; questo fu schiacciato sotto il peso. Delle 600 case di Kingstown, nell'isola San Vincenzo, 14 soltanto rimasero in piedi, la fregata francese *Junon* perì.

Nelle Isole sotto il Vento, le persone che abitavano il palazzo del governo cercarono rifugio nel centro delle costruzioni, mentre la bufera più infieriva, ritenendo che l'enorme grossezza dei muri li preservasse dal furore dei venti; alle undici e mezzo si videro costretti a rifugiarsi nella cantina, poichè il vento era penetrato ovunque, e aveva strappato quasi tutti i tetti; ma siccome l'acqua saliva più alta di un metro, fu d'uopo rifuggirsi nelle batterie ove ciascuno cercò riparo sotto i cannoni, alcuni dei quali furono spostati dalla forza del vento. L'uragano era sì forte che, secondato dal mare, portò un cannone da dodici alla distanza di 126 metri (al certo sul suo affusto, che aveva ruote).

Di giorno la campagna aveva l'aspetto invernale; sugli alberi non rimaneva una foglia, non un ramo. La collera degli uomini s'arresta dinanzi a tal lotta degli elementi. Allorchè il *Laurier* e l'*Andromède* si perdettero alla Martinica, il marchese Bouillé mise in libertà i ventiquattro marinaî inglesi scampati al naufragio, scrivendo al governatore inglese di Santa Lucia ch'egli non voleva custodire prigionieri uomini cadutigli nelle mani durante una catastrofe a tutti comune. (Dove.)

Altro dei più curiosi esempî di queste convulsioni dell'atmosfera ci

è fornito dal ciclone delle Indie del 10 maggio 1831, narrato con espressioni di palpitante verità dal maggior generale Reid nella sua *Meteo rologia americana*:

Un *gentleman* che abitava a San Vincenzo da quarant'anni, salito a cavallo allo spuntar del giorno, trovavasi lontano circa un miglio dalla sua casa, quando scorse a settentrione una nube di sì minacciosa apparenza come non aveva mai veduta l'uguale nella sua residenza lungo i tropici; tal nube gli parve di color grigio ulivo Nel timore di un'orribile tempesta s'affrettò a tornare a casa e chiudervi porte e finestre: precauzione alla quale attribuì la conservazione della propria casa.

Verso mezzanotte balenarono i lampi con uno splendore maestoso e terribile insieme, ed una folata di vento spirò con forza dal nord al nord-est; all'una antimeridiana s'accrebbe la furia del vento, e la tempesta ch'era soffiata nel nord-est, saltò improvvisamente al nord-ovest ed ai punti intermedî. Da tal momento in poi le regioni superiori furono costantemente illuminate da continui lampi formanti un'immensa distesa di fuochi, ma il cui splendore fu spesso superato da quello delle scariche d'elettricità che ripetevansi da ogni parte.

Cessati ad intervalli anche i lampi, la città era avviluppata in un'oscurità che incuteva terrore indicibile. Subito dopo, meteore di fuoco caddero dal cielo; una di esse scendendo perpendicolarmente da altezza prodigiosa, richiamò in ispecial guisa l'attenzione: era di forma circolare e di color rosso oscuro. Questa meteora era evidentemente trascinata dall'effetto del suo proprio peso, e non riceveva impulso da nessuna forza straniera. Nell'avvicinarsi al suolo, il golfo infiammato prese una forma allungata di bianchezza abbagliante, e scoppiò spandendosi da ogni lato come un metallo in fusione.

Alcuni istanti dopo l'apparizione del fenomeno, il rumore assordante del vento si trasformò in *mormorìo solenne*, o, per dir meglio, in muggito lontano, e i lampi succederonsi con spaventosa rapidità per lo spazio di mezzo minuto circa fra le nubi e la terra. Pareva che la vasta massa delle nubi toccasse le case e lanciasse verso il suolo volumi di fiamme da quello tosto rimandati nello spazio.

Non appena cessò questa strana alternativa di lampi, l'uragano infuriò di nuovo dalla parte di ponente con violenza prodigiosa e indescrivibile, lanciando per ogni verso projettili, frammenti di tutte le costruzioni che non erano in sicuro dall'ira sua. Durante il passaggio dell'uragano, tremò il suolo e le case più solide furono squassate fino nelle fondamenta. Eppure in nessun momento della tempesta fu udita mai distinta una sola detonazione elettrica. L'urlo del vento, il muggito dell'Oceano, i cui giganteschi cavalloni minacciavano di distruggere tutto quanto gli altri elementi avessero risparmiato, e il rumore delle tegole che si urtavano, dei tetti e dei muri crollanti, ecc., formavano il frastuono più spaventevole che si possa imaginare.

Verso le 5 la violenza della bufera scemò ad intervalli, e per alcuni brevi istanti si udì la caduta delle macerie che la coda della tempesta aveva probabilmente lanciate a straordinaria altezza. A sei ore il vento era al sud; alle sette a sud-est; ed alle otto a est-sud-est. Alle nove era ritornato il bel tempo.

Dall'alto della cattedrale, da qualsiasi parte si volgessero gli sguardi, non vedevasi che desolazione e ruina. Tutta la superficie del paese era devastata; nessuna traccia di vegetazione, se non poca erba ingiallita qua e là. Il suolo appariva bruciato come se il fuoco vi fosse passato sopra, consumandone i prodotti. I pochi alberi rimasti in piedi, spogli de' rami e delle fronde, avevano il triste aspetto dell'inverno; e le numerose ville dei dintorni di Bridgetown, non ha guari circondato da boschetti, erano ora nude e in ruina.

Una pioggia d'acqua salsa cadde in tutte le parti dell'isola. Il pesce d'acqua dolce perì negli stagni, e l'acqua dei vivaî restò più giorni salata dopo il terribile uragano.

Come l'attestano il maggior numero dei rapporti, la quantità d'elettricità sviluppata nei grandi uragani è veramente rimarchevole. I lampi non sono semplici bagliori d'effimera durata, ma fiamme che passano rapidamente sulla superficie della terra e che s'inalzano fino alle regioni superiori.

La fregata francese *Junon*, partita dalla Francia per una missione nei mari dell'India e della China, attraversò il 1.° maggio 1868 un ciclone che per poco non le fu funesto.

A malgrado di tutti gli sforzi impiegati per allontanarsi dal centro, secondo le indicazioni barometriche più sopra ricordate, non si potè tagliare a tempo la sua trajettoria; per la qual cagione la bufera furibonda inondò il ponte e spense i fornelli.

Il mare alzavasi in vere montagne che schiacciavansi violentemente sulla nave: e già aveva portato via la galleria e gli schifi sospesi sui fianchi ed a poppa. Una grossa áncora staccata da' suoi legami, sfondando uno sportello di prua, aveva aperta una larga falla che con molta fatica si potè turare ammucchiandovi le amache. Una pioggia torrenziale univasi ai continui urti del mare; la lotta era ormai diretta contro l'invasione dei flutti. L'intero equipaggio, distribuito fra le pompe e le catene di secchie, lavorava con ammirabile fiducia e con sangue freddo pieno d'attività.

L'uragano durava da sette ore, scrive un ufficiale, e ad ogni ora cresceva la violenza ed il frastuono... quando ad un tratto fuvvi assoluto silenzio, un silenzio da non si poter paragonare se non a quello che segue l'esplosione di una mina sopra un bastione preso d'assalto. Era la calma centrale, calma improvvisa e strana, che produsse la sorpresa anzichè un'impresssione di sicurezza, talmente l'uomo vi si

sentiva come al di fuori delle leggi naturali. Il movimento del turbine continuava nell'alto della colonna d'aria, di cui noi occupavamo la base. Uccelli, pesci, cavallette, informi avanzi cadevano da ogni banda, e lo stato elettrico dell'atmosfera produceva una sensazione vertiginosa senza l'uguale nei nostri ricordi, che manifestavasi con uno stato straordinario di esaltazione in alcuni uomini di solito tranquillissimi.

Numerosissimi uccelli erano trattenuti in quella specie di vortice aereo. Tra essi vedevansi molti trampolieri: la quale particolarità indica, cogli insetti e gli avanzi delle piante, che il ciclone era passato sulle isole. Alcuni de' pesci volanti che cadevano sul ponte erano vivi; altri, morti da qualche tempo, già puzzavano.

Si approfittò della calma centrale per mettere le scialuppe in mare, vuotare la nave dall'acqua, sbrogliare le vele, attivare un timone di salvezza e aspettare con fiducia il ricominciare della tempesta.

Dopo cinque ore di calma, verso mezzodì si fecero sentire le prime folate di vento, ed alcuni istanti dopo l' uragano in tutta la violenza pigliavasi trastullo della nave. I soffi venivano dal nord, ma nessuna delle vele preparate potè resistere. Era quindi impossibile di manovrare per allontanarsi rapidamente dal ciclone; potè solo esser compìto il cambiamento di mure prescritto dalla teoria, allo scopo di pigliare il vento a babordo. Si dovette star ancora passivi nel furore dell'uragano, che doveva allontanarsi soltanto dopo due giorni per effetto del lento moto di traslazione.

Le ultime tempeste memorabili sono quelle scatenatesi dal 27 febbrajo al 3 marzo 1869. Il naufragio della nave *La Lèrida* di Nantes, proveniente da Haiti e avvenuto all' Havre in quei giorni, è rimasto negli annali marittimi come altro de' più commoventi episodî delle nostre coste.

Il 2 marzo, alle 10 ant., in mezzo ad un mare furioso, questo trealberi, che da due ore seguivasi coll'occhio, giungeva presso la scogliera, mentre una terribile corrente, la cui forza era duplicata dal vento di nord-ovest, costituiva una barriera insuperabile.

Tosto la nave sentì i primi urti della corrente, che due ore dopo sarebbe stata senza effetto. Fino allora aveva potuto veleggiare col vento in poppa; ma dovette girare di bordo, e questa manovra, diminuendo la velocità, l'abbandonò quasi senza difesa agli scatenati elementi.

Un'angosciosa aspettativa opprimeva gli spettatori, tra cui c'erano molti uomini di mare. Costoro avevano compreso che da quel momento la salvezza della *Lèrida* era gravemente compromessa.

Il capitano tentò una manovra disperata. Volle girare di bordo in poppa per andare al largo o per lo meno entrare nella baja della Senna; ma la manovra, ten-

tata troppo tardi, non riuscì. Rimaneva un'ultima speranza; furono calate le due áncore, ma non poterono far presa in tempo!

Per un istante si potè credere tutto non fosse disperato; le áncore avevano toccato il fondo; ma sotto l'impulso delle liquide montagne, che di continuo infrangevansi sui bozzelli, le catene si ruppero. Tutto era perduto.

In minor tempo che non occorre per descriverlo, *La Lèrida*, divenuta trastullo dei flotti, stava per investire l'angolo d'un bastione, dove ebbe spezzati l'asta di fiocco, il bompresso e l'asta di prora.

Più non si trattava allora di liberare la nave; la salvezza dell'equipaggio diventava dubbia. In fretta e furia venti barche avevano trasportato dall'altra parte del porto cittadini pronti a tutto tentare pel salvataggio. Per buona ventura la nave era abbastanza vicina alla terra; però poterono essere lanciate a bordo delle corde per salvare gli uomini dell'equipaggio. I piloti pratici, i doganieri di servizio e molti altri coraggiosi furono tanto fortunati da strappare così al mare quasi tutti i marinaî in pericolo.

Non vi sarebbe stato da deplorare lutto alcuno se due uomini, invasi da uno spavento giustificato dalla prospettiva di tanto pericolo, non si fossero precipitati insieme sopra un cordame troppo debole per reggerli. Stavasi traendoli a terra, allorchè un colpo di risacca cagionò la rottura della corda alla quale essi avvinghiavansi.

Si vedono ancora galleggiare per alcuni istanti tra i relitti frantumati dalle onde... poi più nulla!

Dopo sì doloroso episodio, il capitano, che era rimasto l'ultimo a bordo, potè a sua volta afferrare una corda che lo trasse alla spiaggia sano e salvo. In breve la nave scomparve sfasciata dai marosi.

Poco innanzi questo fortunale, verso la metà del mese di gennajo, violenti tempeste sconvolgevano l'Atlantico e vi sollevavano enormi cavalloni.

Tutti i giornali hanno parlato del pericolo corso dal *Pèreire*, corriera francese, partita da Brest il 16 gennajo per Nuova York, e investita, quattro giorni dopo la partenza, da un'onda mostruosa, il cui volume è stato valutato più di 700 tonnellate d'acqua. Tal corriera, con a bordo 200 persone e 500 barili di mercanzia, andò debitrice della propria salvezza alla sua solida costruzione, all'energico sangue freddo del capitano, ed all'abilità delle manovre. Dopo il formidabile colpo di mare che poteva mandare a picco il bastimento, tra i rottami si son raccolti ventun feriti e quattro cadaveri. Inoltre erano scomparsi due passeggieri.

Nel principio del febbrajo 1872, un violento ciclone spazzò l'Oceano al nord dell'isola della Riunione. Tutte le navi francesi, istruite delle regole precedenti, abbandonarono la rada, si scostarono dal passaggio e ritornarono sane e salve. La valigia d'Europa in arrivo fermossi per

lasciar passare la meteora fra essa e l'isola, ed entrò in seguito senza inconveniente alcuno nel porto ancora agitato. All'opposto, due navi inglesi, *La Luisa* e *La Florida*, di 1200 tonnellate, ignorando le leggi precedenti, si lasciarono sorprendere dall'uragano e naufragarono. Tutto andò perduto, corpi e beni.

I bastimenti giunti dappoi passarono in mezzo agli avanzi galleggianti del naufragio.

Aggiungiamo per terminare, che nella zona torrida e in tutti i climi d' alta temperatura, sono frequenti i fortunali e spiegano prodigiosa violenza; nei nostri climi temperati sono più radi e insieme meno violenti; e nelle regioni polari, le grandi scosse atmosferiche, che però ripetonsi spesso, si riducono a venti di tempesta, o soltanto a venti fortissimi.

Fig. 176. — Tromba marina.

CAPITOLO VI.

Le trombe.

Tra le grandi meteore che turbano l'ordine apparente e l'armonia della natura, tra i grandi fenomeni che recano il terrore e la desolazione ove appajono, uno havvene che si fa osservare per le sue forme bizzarre e gigantesche, per le forze straniere cui sembra obbedisca, per le leggi sconosciute e in uno contradditorie che lo regolano, infine pei disastri che cagiona. Tali disastri sono accompagnati da circostanze particolari e sì strane, da non potersi confondere la loro causa colle altre meteore funeste all'umanità. Questa meteora sì minacciosa, sì straordinaria, e per buona ventura sì rara nelle nostre regioni, è quella che designasi in generale col nome di *tromba.*

Con questo paragrafo il meteorista Peltier incomincia il suo speciale lavoro sulle *trombe.* Prima de' suoi pazienti e ingegnosi studî, la spiegazione del curioso fenomeno atmosferico lasciava molto a desiderare. Oggi possiamo indicarne con esattezza la natura ed il carattere, dicendo essere la tromba una colonna d'aria, che s'aggira con rapidità su sè stessa, movendosi con traslazione relativamente lenta, poichè, il più delle volte, si può tenerle dietro alla corsa. Questa colonna d'aria turbinante ha l'elettricità per causa e per forza motrice. Il vento, spesso furioso, ch'essa produce col suo movimento, e che determina sul suo passaggio i disastrosi effetti che stiamo per descrivere, non è il risultato di correnti atmosferiche spiegate su larga scala come nei cicloni, ma è contenuto fra le dimensioni sempre ristrettissime di siffatta produzione elettrica. Le trombe spesso hanno pochi metri di diametro, ma la loro potenza è senza pari; per dove passano spazzano il suolo, radono i campi, abbattono gli alberi e le case con tal energia che talvolta non ne rimane vestigio dopo il passaggio della terribile meteora. Ecco come ha origine per lo più tal fenomeno.

Per effetto di tensione elettrica considerevole, la superficie inferiore di una nube temporalesca si abbassa verso terra sotto forma di cilindro, o meglio di cono, come un gran portavoce il cui padiglione si perde sotto la nube mentre l'imboccatura tende ad avvicinarsi al suolo od alla superficie del mare. Questo cono rovesciato può essere più o meno

sviluppato, più o meno alterato, secondo lo stato speciale delle nubi e della regione. È però costante un legame di vapori fra le nubi e la terra.

Sotto la colonna nuvolosa appare sul mare o sul suolo una grande agitazione. Quest'agitazione è dai marinaî paragonata a quella d'una ebollizione che lanciasse vapori, retti in fascî liquidi. Sulla terra la polvere delle strade e i corpi leggieri formano un fumo analogo. In breve accade che il turbine inferiore si eleva piuttosto in alto, e che la colonna superiore discende tanto che si uniscono e si confondono in una sola e medesima colonna, più larga in alto che al basso e spesso inoltre trasparente, come un tubo nel quale vedonsi talvolta salire e scendere de' vapori.

Quando il centro delle acque sollevate sul mare è più compatto, pare un pilastro messo per sostenere la colonna discendente. Infine determinasi in questa colonna o tromba marina un frastuono che varia assai dal fischio del serpente al rumore di pesanti carri che corrono per strade sassose. Il rumore è molto più considerevole a terra che sul mare.

Sembra che il genio distruttore s'incarichi nella singolare formazione. La tromba si avanza con apparente lentezza, fischia spaventose minaccie, si ritorce in convulsioni, traccia il proprio solco attraverso le produzioni della natura e dell'umanità, facendo volare in frantumi e scomparire in fumo tutto quanto opponevasi al suo corso. I disastri cagionati da cotesto formidabile agente provano che la sua pressione giunge talvolta a quattrocento e cinquecento chilogrammi per metro quadrato. Lo si vede prendere armenti, uomini, fiumi financo, e sollevarli a sorprendente altezza. I tetti degli edificî sono trasportati in aria; i muri sono abbattuti dalla improvvisa violenza di una mano di ferro irresistibile. Per conoscer bene tale strana meteora, consideriamo per poco alcuni de' suoi effetti più memorabili.

Ecco, a mo' d'esempio, due trombe state osservate al sud di Parigi, il 16 maggio 1806, dalla una alle due pom., e che si adattano alla descrizione teorica. Sono descritte da Peltier, sulle traccie della narrazione contemporanea lasciata da un professore per nome Debrun. Si possono chiamare le *trombe di Parigi:*

La prima cominciò verso la una e parve larga almeno 12 piedi alla base, presso la nube, come sarebbe appunto quella d'un cono rovesciato e quindi col vertice in basso. Essa pigliò allora successivamente la lunghezza di 15, di 20 e di 40 piedi; più calava, e più la sua forma conica diventava acuta; poichè, fino dal suo uscire dalla nube, formava un cono perfetto. A forza di allungarsi e di perdere in proporzione di volume, non diventò più grossa d'un braccio.

Questa tromba piegava assai debolmente verso il sud, poi verso l'ovest ed il sudovest, ma in modo lentissimo, e sembrava fosse al di sotto delle ultime case del

sobborgo San Giacomo, poi sopra la pianura di Montrouge, Monsouris e la Glacière. Aveva il colore bianco cenerognolo delle nubi comuni, e spiccava assai su fondo nericcio delle nubi.

Ciò che più svegliò l'attenzione fu il vedere ch'essa formava un lungo tubo, in parte *semi-trasparente*, ripiegantesi in parecchie curve od anse simili a lungo budello flessibile, nel quale vedevansi *salire i vapori* a ondulazioni, come vedrebbesi il fumo inalzarsi in una canna da stufa che fosse di vetro; è da notarsi poi che l'ascensione dei vapori era più determinata, più attiva verso la parte inferiore, che poteva essere allora da 3 o 4000 piedi circa sopra il suolo.

Siccome la nube formante la testa della tromba si avanzava, il corpo di questa curvavasi e la seguiva, allungandosi di 300 metri circa per non istaccarsene; ma quando la tromba diventò lunghissima, e per conseguenza di piccolissimo volume, e pigliò una inclinazione assai considerevole (formando presso a poco coll'orizzonte un angolo di 20 gradi), allora il corpo della tromba serpeggiò leggiermente.

Questa tromba, nella sua maggior inclinazione, sembrava tenesse la coda sopra d'Arcueil, e la testa sopra Châtillon; ma, durante la via percorsa dalla sua testa, parve in certo modo che la parte inferiore fosse fortemente attirata e trattenuta dalla valle d'Arcueil, e non potesse scostarsene facilmente.

Durò più di tre quarti d'ora e finì dalla punta; la parte superiore ripiegossi nelle nubi ove aveva preso nascimento.

Circa venti minuti dopo la formazione di questa tromba, se ne vide cominciare una seconda, che, in vero, non presentò particolari così interessanti come la prima, ma che fu d'effetto più maestoso. Essa fu prodotta da una nube molto meno elevata di quella che aveva formata la prima, e mostrossi al disopra dell'ospizio Cochin, via del sobborgo San Giacomo, e dell'Osservatorio. Era grigia; aveva, in tutta la lunghezza, un tubo luminoso come la luna: nella sua parte inferiore vedevansi chiaramente salire con rapidità i vapori. A quando a quando ed a brevi intervalli, il corpo della tromba allungavasi e raccorciavasi successivamente, ed a volte con grande prontezza. Essa passò dinanzi alla prima e pareva non ne fosse lontana al nord che di 1600 a 2000 passi; ma la prima sul finire della sua apparizione fuggiva molto più presto verso il sud; seguì un po' la stessa direzione della prima, e la parte inferiore curvossi leggiermente verso l'ovest.

Un grande scoppio di tuono partì da una nube poco discosta dalle trombe, specialmente dalla seconda e vicinissimo ad essa, verso il lato d'ovest: ma parve non ne soffrissero menomamente. Tosto sfuggirono alcuni goccioloni di pioggia larghi un pollice, ma rarissimi, e quasi nello stesso tempo alcuni chicchi di grandine grossi come nocciuole.

La seconda tromba si ripiegò gradatamente verso la sua nube generatrice, che la assorbì in breve tempo; essa scomparve totalmente scorsi venticinque minuti, durata della sua esistenza.

Queste trombe sì teoriche erano, come vedesi, inoffensive. Sembra che non abbiano toccato il suolo; senza dubbio non sarebbero state

così innocue per un pallone che si fosse smarrito nelle loro vicinanze. Ma ecco delle trombe attive, il cui passaggio alla superficie del suolo ha lasciato non dubbie testimonianze della loro potenza di meteore.

Il 6 luglio 1822, alle una e mezzo del pomeriggio, nella pianura d'Assonval, a sei leghe da Saint-Omer di Boulogne, le nubi venendo da diversi punti si raggrupparono rapidamente, e tosto costituirono una tromba che coperse per intero l'orizzonte. Un istante dopo videsi scendere da questa nube un denso vapore dal colore azzurrognolo del solfo in combustione. Esso formava un cono rovesciato, la cui base appoggiavasi sulla nube. La parte inferiore del cono scendente sulla terra formò in breve, girando con velocità grandissima, una massa oblunga di 30 piedi circa, staccata dalla nube

Essa alzossi col rumore di una *bomba* di grosso calibro *che scoppia*, lasciando sulla terra una cavità in forma di bacino circolare di 20 o 25 piedi di circonferenza e profonda tre o quattro piedi nel mezzo. Lontano appena 100 passi dal punto di partenza, dirigendosi dall'ovest all'est, la tromba passa sulla siepe di una casa di campagna, vi abbatte un granajo, e dà alla casa, costrutta con molta solidità, una scossa tale che l'affittajuolo la paragonò a quella del terremoto. Nel passare sopra la siepe, essa aveva spezzata e portata via la corona degli alberi più grossi; da venticinque a trent'alberi erano atterrati in varie direzioni, in modo da provare che la tromba percorreva la sua via girando. Altri furono strappati ed appesi, al pari di corone, sulla cima degli alberi maggiori (alti 60 o 70 piedi).

Dopo questi primi effetti, la tromba percorse una distanza di due leghe senza toccar terra, portando seco grossissimi rami ch'essa scagliava a destra e a manca con grandissimo strepito; giunta all'estremità di un bosco, vi strappò di nuovo il fiocco di parecchie quercie, che si videro passare con essa al disopra del villaggio di Vendôme, situato alle falde della collina, dalla parte orientale della foresta.

A quando a quando sprigionavansi dal suo centro globi di vapori sulfurei, che vomitavano da ogni banda i rami divelti e trascinati fino da lontano dalla meteora.

Il rumore ch'essa faceva nel suo rapido cammino era simile a quello di pesante carrozza che corra di galoppo sull'acciottolato. Udivasi un'esplosione pari a quella d'un fucile ad ogni uscita di un globo di fuoco e di vapore; il vento, impetuoso, a tale frastuono univa un fischio terribile. Dopo di avere dilaniato il suolo e portato via tutto quanto le resisteva, la tromba alzavasi per andare a ricominciare le sue devastazioni una lega o due lontano.

Di là penetrò nella valle di Witernestre e Lambre. Il primo di questi villaggi, composto di quaranta abitazioni, solo otto ne conservò intatte. Trentadue case coi loro granaî furono atterrate, ed una enorme quantità d'alberi abbattuti, schiantati e trasportati a grande distanza. Si è notato a Witernestre che i tetti ed i muri delle case furono abbattuti al suolo in modo divergente, dal di dentro al di fuori.

Il disastro non fu meno considerevole a Lambre. Parecchie persone distinsero perfettamente il moto girante della meteora, il suo color bruno di solfo e il centro

dell'ardente fuoco d'onde uscivano sprazzi di vapori bituminosi. Gli alberi che circondavano la chiesa furono spezzati e sradicati; portati via il muro ed il tetto della casa del curato, e diciotto case, per la maggior parte costruite in mattoni, svelte dalle fondamenta, col fenomeno straordinario del rovesciamento dei muri all'infuori.

Ecco un'altra tromba non meno bizzarra:

Il 26 agosto del 1823, alla 3 pom., dopo un tempo calmo e caldissimo, manifestossi una tromba nelle vicinanze del comune di Rouvier (Eure-et-Loir). Fu preceduta da una nube nera, proveniente da S. O., seguita poi da altre meno nere, gialle e d'altri colori, nelle quali non cessava mai il tuono, e che lanciava tempesta. Pareva che la tromba aderisse superiormente alla nube, mentre colla base toccava il suolo; abbattè e spezzò quanto ebbe ad incontrare sul proprio cammino, portandosi via terre, alberi ed altri corpi, che rivomitò a sè d'intorno a molta distanza. Il turbine era di color giallo nericcio, derivante al certo dalla polvere e dagli altri corpi sollevati. Le foglie delle siepi e degli alberi che non vennero trasportate e che sonsi ritrovate sul suo passaggio apparvero disseccate, quasichè fossero state arse. — Nel casale di Marchefroid, ove durò meno di un minuto, distrusse cinquantatrè case; gli abitanti udirono appena l'uragano, e vi cadde pochissima grandine. Uccise di botto un bambino di tre anni che stava vicino alla madre, sul collo del quale fu osservata una ferita in forma di buco, senza che fosse possibile comprendere qual corpo l'avesse fatta. — Nella valle di Saint-Ouen, la meteora strappò e spazzò 800 piedi di begli alberi, poi si è diretta fino a Ver presso Mantes, in uno spazio di cinque leghe circa, su una larghezza tra le 40 e le 50 tese; alcune case ne andarono rase al suolo; e vi furono tetti sollevati per intero dai loro muri. Nella direzione della linea seguita dalla tromba e contro, de' rami d'albero sono stati spezzati in sensi opposti. Alberi sradicati, cima, tronco e radici, vennero trasportati a più di 1000 metri, e fermati dagli alberi rimasti in piedi; altri, nella valle, sono stati schiantati all'altezza di 4, 6, 10, 15 e 20 piedi, circostanza che fa supporre non aver la tromba in quella valletta compiute fino a terra le sue devastazioni.

Una di tali distruzioni fu singolare assai. I quattro muri di un giardino, solidamente costruiti di pietra, sono stati interamente abbattuti ciascuno nel proprio senso al di fuori del giardino, in retta linea, e come se le pietre fossero state ivi disposte per la costruzione del muro stesso. Un carro tirato da tre cavalli e carico di grani è stato sollevato dalle ruote e dalla sala, che sono rimaste a terra, ed è passato sopra un fabbricato di cui sfondò il tetto. Parte dei frantumi del carro furono rinvenuti dalla parte opposta del fabbricato. Il grano è scomparso. I cavalli, senza che abbiano sofferto, furono intieramente sbardati.

L'esempio seguente non è meno singolare.

Il 26 agosto 1826, videsi il circondario di Carcassona attraversato da un'enorme colonna di fuoco che, radendo il campo, tutto sradicò

sul suo passaggio. Un giovane di diciannove anni, trovandosi sulla direzione della meteora, fu circondato, trasportato in aria, ed ebbe la testa fracassata sopra una roccia. Quattordici montoni furono sollevati e caddero asfissiati. Questa colonna d'aria e di fuoco rovesciò muri, smosse enormi roccie, sradicò giganteschi alberi, penetrò da due punti in un castello, sollevò, rovesciò ed abbattè le pietre della porta maggiore, spezzò la porta, ne contorse le bandelle, ruppe una finestra, penetrò nella sala, attraversò il soffitto, traforò il secondo piano, lanciossi verso il tetto e fece crollare que' tre quartieri con fracasso orribile. Alcune dame ch'erano nella sala videro precipitarvisi il globo di fuoco, e non dovettero la salvezza che alla trave enorme che fece vòlta e sostenne l'impalcato. Una tromba d'aria, entrata dalla finestra sopra la cucina, rovesciò un tavolato, sollevò il pavimento di legno, spezzò i mobili, voltò sottosopra i letti, aperse gli armadî senza disordinare nulla, forò un grosso muro e ne gettò le macerie a grande lontananza, spezzò i tetti del castello, sradicò e sollevò un'enorme quercia di cinque piedi di circonferenza, schiacciò due case, sollevò in aria alcune carrette, si precipitò nel burrone, svelse alcuni noci enormi e devastò le vigne sconvolgendone il terreno; l'aria era pregna di forte odore di solfo.

Fra le trombe che hanno lasciato i più drammatici ricordi, dobbiamo citare quella di Monville, del 19 agosto 1845. Tutti conoscono la deliziosa valle di Maromme a Malaunay e Clères, che orna di incantevoli paesaggi la ferrovia da Rouen a Dieppe. In tal giorno, alla una pom., con un caldo opprimente, calossi d' improvviso sulla valle un turbine di strana natura. I grandi filatoî di Monville, a quanto mi narrava or sono pochi giorni un testimonio oculare che abita ora all'Havre, furono ad un tratto avviluppati, scossi, contorti, abbattuti, in minor tempo che non ce ne volle per comprendere che accadesse. La fabbrica nella quale lavoravano centinaja di operaje sprofondò tra un' improvvisa tempesta elettrica, e le sventurate furono seppellite sotto le macerie. Un certo numero non furono schiacciate immediatamente, e protette dal caso esse trovavansi come incassate, e si comunicavano scambievolmente le loro impressioni senza vedersi nè riconoscere a quale cataclisma dovessero il loro cambiamento di stato. Quasi tutte ritenevano fosse la fine del mondo ed aspettavano il giudizio universale.

Alcuni operaî furono lanciati al disopra della siepe de' chiusi; altri furono lacerati da telaî a vapore che continuavano a girare in mezzo alla catastrofe. Alcuni, quantunque non offesi, ne sentirono tale spavento, che morirono otto giorni dopo, improvvisamente, senza malattia! Muri, camere intere furono capovolti, così che più non si riconoscevano. In altri luoghi i fabbricati rimasero come polverizzati e l'area assolutamente libera. Travi, assi lunghe parecchî metri, larghe 12 centimetri

e più grosse di 1, archivî, carte furono sollevati e portati fino a 25-38 chilometri lontano! fin presso Dieppe. Gli alberi situati sul passaggio della meteora furono abbattuti, qualunque fosse la loro grossezza, e quasi ovunque ridotti in pezzi e disseccati. Il tratto devastato si estese

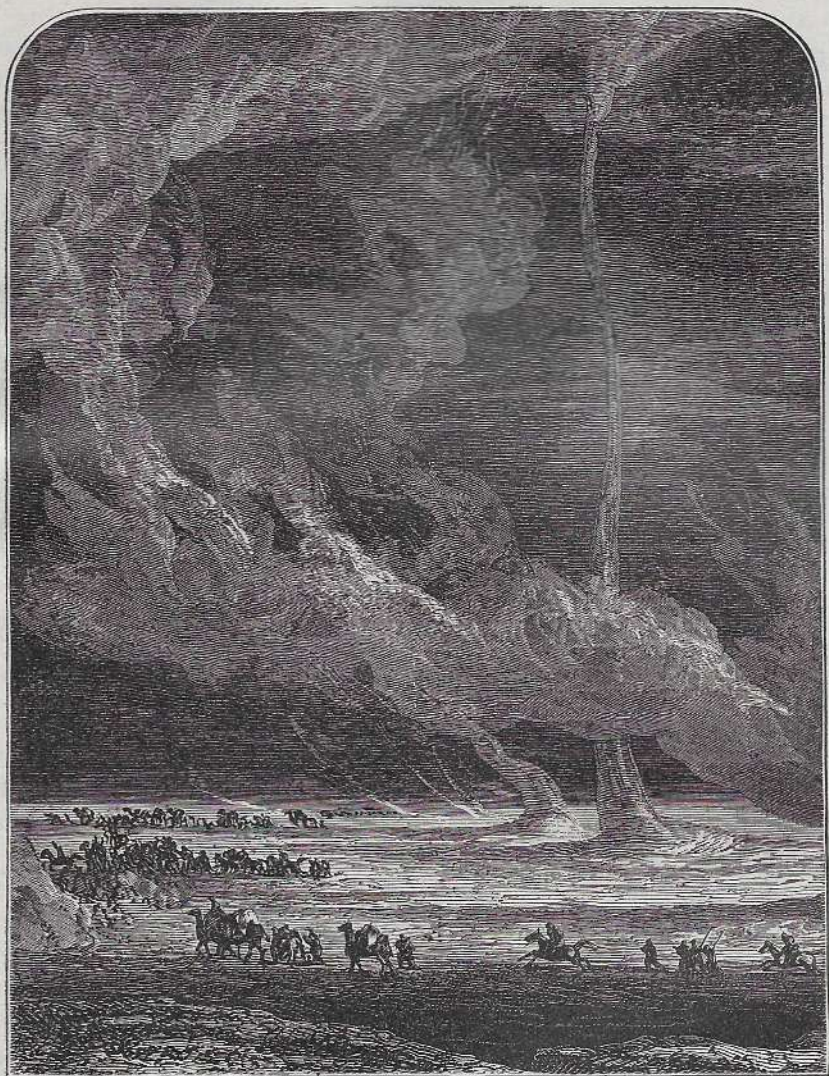



Fig. 177. — Tromba di sabbia.

su 15 chilometri; la larghezza andò crescendo, da 100 metri verso la Senna, sotto Canteleu, fino a 300 metri verso Monville, e decrescendo fino a 60 metri verso Clères. Il barometro era sceso ad un tratto da 760 a 705 millimetri.

Tale repentina dilatazione dell'aria non ha potuto determinarsi che alterando profondamente l'equilibrio dell'atmosfera nella vicinanza di queste regioni. Un abitante di Havre raccontavami testè che il giorno della catastrofe, prima del mezzodì, ha veduto assai distintamente una nave lottare contro la tempesta, a tre leghe appena dalla riva, sebbene allo stesso Havre il mare fosse relativamente tranquillo.

La catastrofe di Monville è registrata nelle memorie della Normandia per uno de' più funesti disastri. Per buona ventura le trombe non giungono spesso a simili proporzioni, o non pervengono precisamente in que' luoghi abitati ove il lavoro aduna le moltitudini umane e concentra in certa guisa il massimo di materiali per la distruzione. Parecchie, non meno energiche forse, non hannò trovato simile alimento da divorare. — Quella che sconvolse i dintorni di Trèves, nel 1829, aveva forma d'un camino che vomitasse lingue di fiamme e vapori. In breve parve simile ad un serpente, ondeggiò sopra la campagna e tracciò un solco largo da dieci a diciotto passi, sovra una lunghezza di duemila e cento passi, falciando erbe, spiche, piante, legumi che ricoprivano il suolo. Ma non ci fu nè distruzione di abitazioni, nè morte d'uomini. Quella che devastò Chatenay (Senne-et-Oise), il 18 giugno 1839, abbrustolì gli alberi che si trovavano nella sua circonferenza e rovesciò gli altri che incontrava; i primi furono sì bizzarramente bruciacchiati che i rami e le foglie rivolte dal lato della meteora erano affatto secchi e rossi, mentre alcuni rimasero verdi e vivi. Migliaja d'alberi di alto fusto furono rovesciati e distesi nella stessa direzione, come covoni di grano. Un melo fu trasportato alla distanza di cento metri, sovra un mucchio di quercie e d'olmi. Le case furono messe sossopra nell'interno, nè perciò furono rovesciate. Parecchî tetti fecero l'ufficio di cervi volanti. Un muro di chiusura fu diviso in cinque porzioni quasi uguali di sette od otto metri ciascuna: la prima, la terza e la quinta furono rovesciate in un senso: la seconda e la quarta in senso opposto. Parecchie file d'ardesie s'ebbero strappati i chiodi, senza che per questo fossero state svelte, o come se riposte dalla mano del conciatetti... In una tromba che cadde sul villaggio d'Aubepierre (Alta Marna), il 30 aprile 1871, le tegole del tetto del lavatojo furono *alla lettera* capovolte, tutti gli ordini scomposti.

Nelle regioni sabbiose dei deserti d'Africa e d'Asia, il viaggiatore si abbatte talvolta in gigantesche *trombe di sabbia* che s'inalzano dalla terra alle nubi, e si torcono con sibili di serpenti. Il precedente disegno rappresenta appunto questo fenomeno, preso dal viaggio alle frontiere russo-chinesi di Th. W. Atkinson.

Le trombe che si manifestano sul mare, sui laghi e sui fiumi, e che designansi col nome di *trombe d'acqua*, non differiscono dalle trombe d'aria fuorchè per la loro situazione. Invece di polvere, foglie, oggetti

solidi aspirati dalla turbinosa colonna, è acqua comunemente allo stato di vapore assai condensato, qualche volta pur anco allo stato liquido, che si frammischia all'aria della tromba. Peltier riferisce un gran numero di esempî osservati sotto tutte le latitudini. Non ne vedo alcuna che abbia inghiottito navi, o quanto meno che l'abbia fatto lasciando un testimonio. Di solito interrompesi a cannonate la base minacciosa della tromba. Un giorno però, il 29 ottobre 1832, vedo sul mare Jonio una nave investita da una tromba che la fa altalenare da poppa a prua, ora la sprofonda, ora la inalza, la fa girare con rapidità e la inonda d'acqua, con grande spavento de' passeggieri che aspettavano la fine « al pari di chi dal fondo d'un pozzo ne guarda l'orlo ».

La nube attirata può avvicinarsi tanto alla terra da sollevare masse d'acqua coi corpi che contengono; i più grossi cadranno isolatamente a ragione del loro peso, ma i più piccoli saranno trasportati più lungi e di certo riabbandonati. Gli è per tali ragioni che avvengono le pioggie di ranocchî e di pesciolini, delle quali parleremo nel capitolo IV del Libro seguente.

LIBRO QUINTO

L'ACQUA — LE NUBI — LE PIOGGIE

CAPITOLO I.

L'acqua alla superficie della Terra e nell'atmosfera.

IL MARE — I FIUMI — VOLUME E PESO DELL'ACQUA CHE ESISTE SULLA TERRA — CIRCOLAZIONE PERPETUA — IL VAPORE ACQUEO NELL'ATMOSFERA — SUE VARIAZIONI SECONDO L'ALTEZZA, I LUOGHI, IL TEMPO — IGROMETRO — LA RUGIADA — LA BRINA.

Il globo, intorno al quale stiam fissi in virtù dell'attrazione, misura 3183 leghe di diametro; cioè 10 000 leghe di circonferenza. È una sfera il cui volume cubico è mille miliardi, ossia un bilione di chilometri cubi circa (1 083 000 000 000). Se fosse acqua, peserebbe mille miliardi di miliardi di chilogrammi, perchè l'acqua pesa un chilogrammo ogni litro o decimetro cubo, 1000 chilogrammi ogni metro cubo. Ma siccome la terra pesa meglio di cinque volte l'acqua (5,44), il peso del globo terrestre è di 5875 sestilioni di chilogrammi. L'atmosfera che avviluppa il nostro pianeta pesa, abbiam detto, 5264 quattrilioni di chilogrammi: non è peranco la milionesima parte del peso della Terra intiera (la 1 116 000ma). Il suo volume, alla densità della superficie del suolo, formerebbe una massa di 4072 quattrilioni di metri cubi. L'acqua occupa nel sistema terrestre un posto della stessa importanza dell'aria. La profondità media degli oceani è di 4 chilogrammi circa, malgrado le irregolarità del fondo, del quale le rive, gli altipiani, le montagne e le valli fanno variare il

livello da pochi metri fino a 10 chilometri. Questa profondità media dà pel volume delle acque 3200 quattrilioni di metri cubi. Occorrerebbero 40 000 anni a tutti i fiumi del mondo per riempire l'oceano, se fosse asciutto.

Riunita in una sola goccia, l'acqua dei mari formerebbe una sfera del diametro di 60 leghe. Sparsa su tutta la superficie sferica del globo, se questa superficie fosse perfettamente liscia, la sommergerebbe con 200 metri di spessore. La densità dell'acqua di mare, un po' più pesante dell'acqua dolce, è uguale a quella del latte di donna; la sua intera massa formerebbe un peso di 3289 quintilioni di chilogrammi; è la 1786ma parte del peso della Terra.

La maggior profondità dell'oceano non oltrepassa 10 chilometri, e la porzione respirabile dell'atmosfera si estende appena 10 chilometri egualmente. È in questa sottile zona di 20 chilometri, o 5 leghe di spessore, che compionsi tutti i fenomeni della vita, dalle foreste sottomarine e dagli strani animali che abitano le nere profondità, fino al condoro che librasi oltre le più alte nevi eterne. Questa zona di vita è sottile assai in confronto alla grossezza della Terra, che diventa essa medesima sì microscopica quando la si paragona col sistema planetario.

Per ispiegare tale minima grossezza, possiamo considerare lo spaccato equatoriale del globo. Se anche esageransi 50 volte le sinuosità, vedesi (fig. 178) che la scorza terrestre è quasi esattamente rappresentata da un cerchio. I continenti e le isole non sono che le sommità degli altipiani e delle montagne il cui piede è sommerso. L'atmosfera respirabile sarebbe rappresentata colla stessa esagerazione da uno strato alto 2 millimetri.

L'acqua copre presso a poco i tre quarti della Terra, nello stato corrispondente alla temperatura media della superficie, cioè allo stato *liquido*. Le sue correnti costituiscono, e l'abbiamo veduto, la grande circolazione arteriale del pianeta. Non contenta di dominare così nelle sue condizioni ordinarie, essa regna, allo stato *solido*, fino alle regioni silenziose dei poli e sulla fronte ghiacciata delle montagne inaccessibili; e, allo stato *gasoso*, impera da sovrana ancor più assoluta nell'atmosfera, di cui regge la vita, e nella quale essa spande a volta a volta l'abbondanza e la sterilità, la gioja de' bei giorni o la tristezza dei cieli tenebrosi.

L'acqua non è immobile nè nella profondità del bacino oceanico, nè nei ghiacci solidi, nè nell'atmosfera. Mercè il richiamo sempre attivo del sole, mercè le correnti aeree, l'acqua s'inalza verticalmente dal fondo del mare al suo livello, evapora a tutte le temperature, sale in fluido invisibile attraverso l'oceano aereo, si condensa in nubi, viaggia sopra i continenti, scende in pioggia, filtra per entro la superficie del

suolo, scorre sugli strati d'argilla impermeabile, zampilla in fonte all'affioramento, scende dal ruscello nella riviera, e cade nel fiume che la riporta al mare. La goccia d'acqua, in apparenza insignificante, che noi versiamo dalla bottiglia nel bicchiere, ha fatto di molti viaggi dacchè esiste; è stata già bevuta molte volte senza dubbio, poichè nulla si perde come nulla si crea; essa ha bagnato il rapido becco della rondine che guizza con graziosa curva sopra la superficie dell'onda; essa ha gemuto nella tempesta fra i furori degli uragani; ha brillato

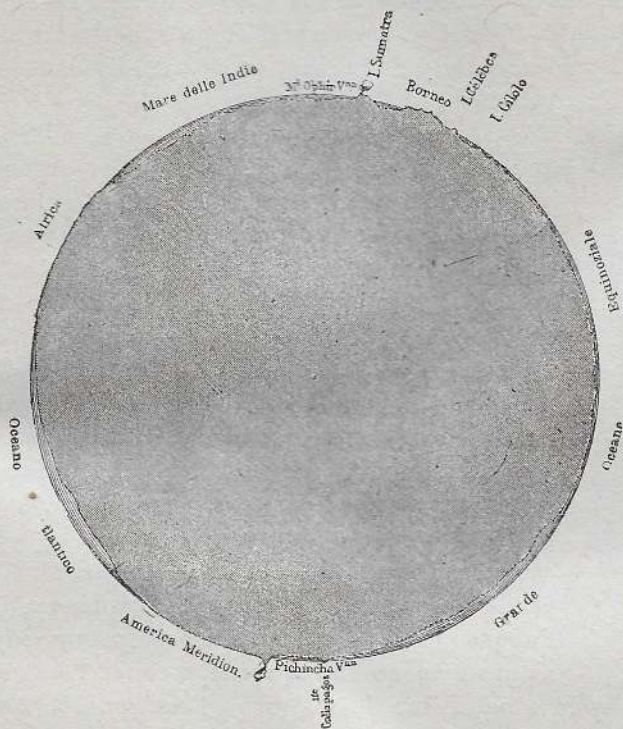



Fig 178. — Spaccato equatoriale della Terra.

nell'arcobaleno; ha rinfrescato il seno della mattutina rosa; è stata portata agli estremi dell'aria nei cirri di ghiaccio che dominavano l'aerostato più temerario; si è riposata nel letto delle nevi eterni, e dai passaggi della pioggia, della nebbia, dell'uragano, del corso d'acqua, dagli antipodi essa è giunta sulla nostra mensa. Qual circolazione indescrivibile è mai quella dell'acqua nell'immenso organismo del pianeta!

La goccia di pioggia che cade sul suolo penetra più o meno profondamente, secondo la natura del terreno e il suo stato di siccità; le prime goccie d'una pioggia di temporale sovra un terreno nudo e bruciante non vi penetrano affatto e sono tosto evaporate; ma in generale possiamo seguire la goccia d'acqua che scende obliquamente da' pendii.

Chiamasi bacino un complesso di declivî che mette capo ad una linea di maggior profondità, fiume nel quale giungono tutte le acque cadute nella superficie di questo complesso. Fra i bacini sonvi le creste, o linee di divisione; due goccie d'acqua vicine cadenti sovra un punto di codeste linee inclinate scenderanno questa in un bacino, quella in un altro; esse ritorneranno al gran collettore per vie ben diverse. Tre goccie d'acqua vicine che cadono, per esempio sovra un punto dell'altipiano di Langres, presso Montigny-le-Roi, scenderanno l'una nella Marna, nel bacino della Senna, della Manica e dell'oceano Atlantico; l'altra dalla Mosa nel bacino del Reno e nel mare del Nord; la terza dalla Saona nel bacino del Rodano e nel Mediterraneo.

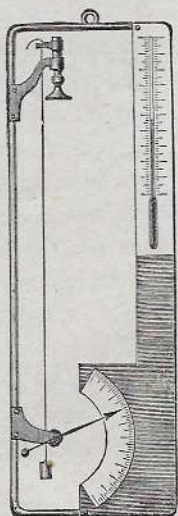



Fig. 179. Igrometro a capello.

Qualsiasi fonte, qualsiasi ruscello, qualsiasi riviera, qualsiasi fiume nasce dalla pioggia. Anche le acque minerali hanno la stessa origine, ed il loro calore proviene dai terreni profondi attraverso i quali sono state condotte le acque meteoriche; poi esse salgono in seguito dagli interstizî delle roccie per ritornare al livello del serbatojo primitivo, come nel sifone. L'acqua dei mari evaporandosi sotto i raggi del sole perde il sale che non è volatile. Ecco perchè l'acqua di pioggia è dolce, e per conseguenza quella de' corsi d'acqua. Il sale rimane costantemente nel mare, e la sua quantità è tale che potrebbe coprire la superficie intiera del globo sotto uno spessore di 10 metri.

Nella stessa guisa che il colore azzurro del cielo dipende dal vapore acqueo, già lo sappiamo, il colore dell'acqua, presa in grandi masse, è azzurro; le sue gradazioni scendono fino al verde, secondo l'azione della luce.

Abbiamo veduto nel Libro I, che, oltre l'ossigeno e l'azoto, l'atmosfera serba un altro elemento fondamentale: *il vapore acqueo.* Abbiamo visto altresì nel nostro Libro III, che questo vapore acqueo è *della maggiore importanza nella distribuzione delle temperature*, e che tanto la sua formazione quanto il suo andamento rappresentano una *forza formidabile in azione permanente nella gran fucina aerea.* Infine, nel Libro IV, abbiamo osservato che l'aria più è calda e più contiene vapore acqueo; che un raffreddamento bastevole la conduce al suo punto di saturazione senza nulla aggiungere alla quantità di vapore in esso mescolato, ma semplicemente in virtù del raffreddamento. Per conoscere la quantità di vapore d'acqua contenuta nell'aria in un dato momento, potrebbesi dunque, a mo' d'esempio, raffreddare un termometro sospeso nell'aria fino al momento in cui indicasse il grado di saturazione, cioè fino all'istante in cui la sua bolla fosse ricoperta di

vapore condensato, di rugiada. Se cercasi tosto in una tavola quale quantità di vapore corrisponda a questo grado termometrico di saturazione, ottiensi la quantità reale che sta sospesa nell'aria nel tempo dell'esperienza. Tal metodo, imaginato dal Dalton e perfezionato da Daniell, è tuttavia un po' difficile.

Gl'istrumenti destinati a misurare l'umidità dell'aria hanno ricevuto il nome d'*igrometro* (*higros,* umido, *metron,* misura). Il più semplice è quello stato inventato da Saussure, e che porta il suo nome. I capelli s'allungano in ragione dell'umidità. La variazione non appare ad occhio nudo; ma se assicurasi una estremità del capello al braccio minore d'una lancietta, si può far descrivere all'altro braccio un arco di cerchio le cui divisioni sono abbastanza sensibili per mostrare la proporzione dell' umidità. Si è notato 100 nel punto dove la lancietta si ferma quando l'aria è completamente satura, e 0 in quello ov'essa rimane fissa quando l'aria è stata assolutamente disseccata. Si divise lo spazio in 100 parti uguali, che per altro non corrispondono esattamente alla proporzione d'umidità. Ecco la proporzione secondo Gay-Lussac:

1 decimo	22	gradi dell'igrom.	6 decimi	79	gradi dell'igrom.
2 decimi	39	»	7 »	85	»
3 »	53	»	8 »	90	»
4 »	64	»	9 »	95	»
5 »	72	»	10 »	100	»

Alla montatura dell'apparecchio è assicurato un termometro.

Malgrado la diligenza colla quale è costrutto questo igrometro, esso non è così preciso come l'apparecchio di Daniell e come quello di cui stiamo per parlare. Gl' igrometri popolari lo sono ancor meno. Anzichè misurarla, l'umidità la fanno *vedere;* per il che sono denominati *igroscopi.* Tutti conoscono i frati dal cappuccio che si abbassa quando il tempo è umido. Una corda di minugia assicurata alla figurina termina alla cerniera del cappuccio mobile. L'umidità la restringe, quindi fa calare più o meno il cappuccio.

Fig. 180. — Igroscopo.

Negli osservatorî si fa uso di un igrometro, la cui variazione non è cagionata dall'assorbimento, come in quello di Saussure, ma dall'evaporazione, come in quello di Daniell. Quest'igrometro precisissimo è dovuto a Leslie, ed è stato perfezionato da August. Siccome basasi sul raffreddamento d'un termometro, gli fu dato il nome di *psicrometro* (*psychros,* freddo). Consta di due termometri identici, posti

a fianco l'uno dell'altro. La bolla d'uno d'essi è avviluppata in un pezzo di tela bagnata, che conservasi sempre umida mercè la sua comunicazione con un bicchier d'acqua. Tanto più pronta è l'evaporazione della tela bagnata, altrettanto più basso è il termometro umido, mentre più l'aria è asciutta e più quella è attiva. La differenza di altezza dei due termometri è dunque intimamente legata alla siccità dell'aria, o, con altre parole, alla proporzione di umidità ch'essa racchiude. La formola algebrica che esprime questa relazione e permette di calcolare lo stato igrometrico, non può essere qui analizzata. Comunque sia, questo apparecchio è ancora il più esatto e il più usato negli osservatorî.

Sappiamo che l'aria è quasi allo stato di saturazione sui mari, che sui continenti più è lontana dalle rive meno è umida, e che in certe regioni dove l'evaporazione è quasi nulla, è di estrema asciuttezza. Lo stato igrometrico dell'atmosfera non è lo stesso in tutta la sua altezza come la proporzione d' ossigeno o d' azoto. In generale, essa aumenta dalla superficie del suolo fino a certa altitudine dove trovasi una zona di umidità massima; poi decresce a misura che si va più in su, in guisa, che inalzandosi ad elevatezza piuttosto grande, giungerebbesi in una regione assolutamente sprovvista di vapore acqueo, assolutamente asciutta.

Lo studio della variazione dell'umidità atmosferica era inscritto tra i primi argomenti del programma delle mie ascensioni scientifiche. Ecco il risultato delle osservazioni da me fatte coll'igrometro a capello, di Saussure, costruito specialmente per queste ascensioni dal signor Sécretan, ottico dell'Osservatorio :

In dieci serie di osservazioni speciali, rappresentanti circa cinquecento posizioni diverse, la distribuzione del vapore acquoso negli strati atmosferici ha seguito una regola costante, che si può esporre in questi termini :

1.° L'umidità dell'aria aumenta dalla superficie del suolo fino a data altezza; 2.° raggiunge una zona dove rimane nel suo massimo; 3.° decresce incominciando da questa zona, e in seguito va sempre diminuendo man mano che si progredisce nelle regioni superiori.

Questa zona, alla quale darò il nome di *zona d'umidità massima,* varia di altezza secondo le epoche e secondo lo stato del cielo.

Non l'ho trovata che in rare circostanze (principalmente all'aurora) vicino alla superficie del suolo.

Tale andamento generale dell'umidità è costante, sia il cielo sereno o nuvoloso ; e si manifesta tanto nelle osservazioni fatte durante la notte, quanto nelle osservazioni diurne.

I quadri igronometrici costruiti dopo ogni viaggio mostrano evidentemente la costanza della legge.

Offronsi differenze considerevoli relativamente all'altezza della zona massima ed

alle proporzioni dell'accrescimento dell'umidità. Così, il 10 giugno 1867, alle 4 ant. (vento N. E.), all'alzarsi del sole e sul margine della foresta di Fontainebleau, la zona massima era 150 metri soltanto dalla superficie del suolo. L'igrometro costruito specialmente per questi studî segna 93 gradi al livello del suolo e s'inalza rapidamente fino a 98 gradi, a cui esso perviene a 100 metri. A cominciare da tal punto, esso ridiscende man mano che l'aerostato s'inalza, segnando 92 a 300 metri, 86 a 750, 65 a 1100, 60 a 1350, 50 a 1700, 48 a 1900, 43 a 2200, 36 a 2400, 30 a 2600, 28 a 2900, 25 a 3000, 25 a 3300 metri. L'atmosfera era purissima, nè aveva la più leggiera nube.

In un'altra ascensione, il 15 luglio, alle 5 ore e 40′ antimer. (vento S. O.) scendendo da un'altezza di 2400 metri al disopra del Reno, su Colonia, ho trovato la zona massima a 1100 metri. Il cielo non era completamente puro. L'umidità relativa dell'aria era 62 gradi a 2400 metri, di 64 a 2200, di 75 a 2000, di 85 a 1800 di 90 a 1600, di 92 a 1550, di 95 a 1330, di 90 a 1100 metri. È la zona massima. poi mano mano che l'aerostato scende, l'umidità diminuisce. A 890 metri è già scesa a 82 gradi, a 706 a 90, a 510 a 87, a 240 a 84, a 50 metri dal suolo a 83, ed alla superficie a 82 gradi. Seguendo la stessa discesa, il termometro erasi alzato da 2 a 18 centigradi.

Il 15 aprile 1868, alle 3 pom, (vento N.), partito dal giardino del Conservatorio delle Arti e Mestieri, ho constatato un andamento analogo nella variazione della umidità. Alla partenza nel giardino l'igrometro segna 63 e si eleva a 74 a 776, 75 a 900, 76 a 1040, 77 a 1150. È la posizione della zona massima. L'umidità decresce, in seguito progressivamente e costantemente; è di 76 gradi a 1230 metri, di 73 a 1345, di 71 a 1400, di 69 a 1450, di 67 a 1490, di 64 a 1545, di 62 a 1573, di 59 a 1608, di 56 gradi a 1650 metri. A 2000 metri l'umidità ambiente è scesa a 48 gradi, a 2400 metri è di 36, a 3000 di 31, a 4000 metri di 19 gradi.

Quest'ascensione è stata fatta con cielo nuvoloso. Il massimo d'umidità era un po' al disotto della superficie inferiore delle nubi.

Il 23 giugno 1867, alle ore 5 pom. (vento N. N. E.), la zona massima trovavasi a 555 metri e parimenti sotto le nubi.

Il 30 maggio, alle 4 pom. (vento N. N. O.), l'umidità cresce dalla superficie del suolo a 500 metri e sale da 67 a 75 gradi.

Il risultato generale dimostra quindi che l'umidità aumenta dalla superficie del suolo fino a certa altezza variabile, e decresce in seguito fino alle maggiori altezze. Non mi credo ancora in diritto di precisare siffatte variazioni proporzionali; le cause complesse rendono difficile il dedurre le regole. Senza tener conto dell'altezza, l'umidità dell'aria varia a norma dell'ora, a norma dell'altezza del sole sull'orizzonte, a norma dello stato del cielo e talvolta anche a norma della natura asciutta o umida dei terreni sopra i quali passa l'aerostato. Ma la legge generale più sopra enunciata può essere nullameno adottata come osservazione costante. E tanto più insisto su questo punto, inquantochè la cognizione della variazione dell'umidità relativa è considerata come l'elemento più importante delle basi meteorologiche (1).

(1) Estratto dai resoconti dell'Accademia delle scienze, 1863, pag. 1052.

Non mi arrischierò a tracciare un diagramma di tale variazione dell'umidità secondo l'altezza, come l'ho fatto pel decremento della pressione atmosferica e della temperatura. Le mie osservazioni non sono nè bastevolmente numerose nè precise. Quelle del signor Glaisher, in Inghilterra, sono molto più esatte, e sono state compiute con tutti gli apparecchî igrometrici comparati. Il loro risultato dimostra che, come forma generale, l'umidità cresce dalla superficie del suolo fin verso 1000 metri, e decresce in seguito, con falcature rappresentanti strati d'aria umida, variabili in altezza e dimensione. Ecco, del resto, fig. 181, la curva da lui stesso tracciata per raffigurare la variazione dell'umidità atmosferica col cielo sereno. Il cielo nuvoloso offre irregolarità molto più considerevoli. Vi si vede che l'umidità, a 60° a livello del suolo, si è inalzata fino a 72° verso 900 metri, per decrescere in seguito presso a poco costantemente fino a 6500 metri, ov'essa più non è che a 16°.

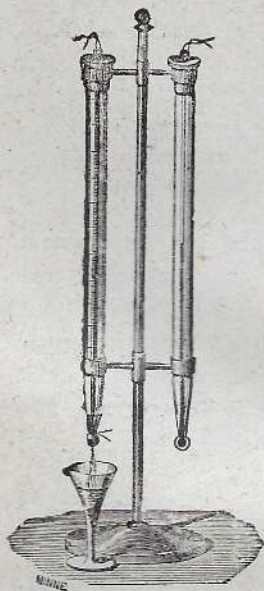



Fig. 181. — Psicrometro.

Le osservazioni fatte sulle montagne confermano l'aumento osservato dapprima secondo l'altezza. Kaëmtz ha constatato una media di 84°,3 sul Righi quand'essa era di 74°,2 giù a Zurigo. Bravais e Martins hanno trovato 75°,9 sulla vetta del Faulhorn e 63°,3 nello stesso tempo a Milano. Oltre i 1000 metri l'umidità va diminuendo a malgrado degli aumenti particolari dipendenti, di distanza in distanza, da correnti sovrapposte.

Più l'aria è calda, meglio è asciutta: più è fredda, minore è l'umidità che occorre per saturarla. Nelle nostre regioni temperate vedesi con sufficiente regolarità aumentare lo stato igrometrico dell'aria sul levar del sole, durante il minimo di temperatura, scendere in seguito fin verso le due pom. al massimo di calore, e salire di nuovo alla sera e durante la notte. Tale variazione diurna rispettivamente inversa dell'igrometro e del termometro è facile a comprendersi dalla figura 182, che rappresenta la media di una lunga serie di osservazioni compiute da Kaëmtz a Halle. Queste curve son quelle del mese di luglio, quando il contrasto è più spiccato.

Lo stato igrometrico dell'aria che rappresenta la prima parte nell'economia della vita alla superficie del pianeta, varia del pari a norma delle stagioni. Vent'anni di studî quotidiani (1843-1863) a Bruxelles, coll'igrometro di Saussure e il psicrometro d'August, hanno dato a Quételet, per la media di mezzogiorno discussa secondo quest'ultimo apparecchio, la seguente serie di numeri:

Gennajo	87°,3	Luglio	66°,8
Febbrajo	83 5	Agosto	68 3
Marzo	73 5	Settembre	63 7
Aprile	65 9	Ottobre	80 4
Maggio	64 8	Novembre	85 2
Giugno	64 2	Dicembre	89 0

Vedesi che il massimo d'umidità relativa verificasi in dicembre ed il minimo in giugno. Nella figura 183, un grado igrometrico vi è rap-

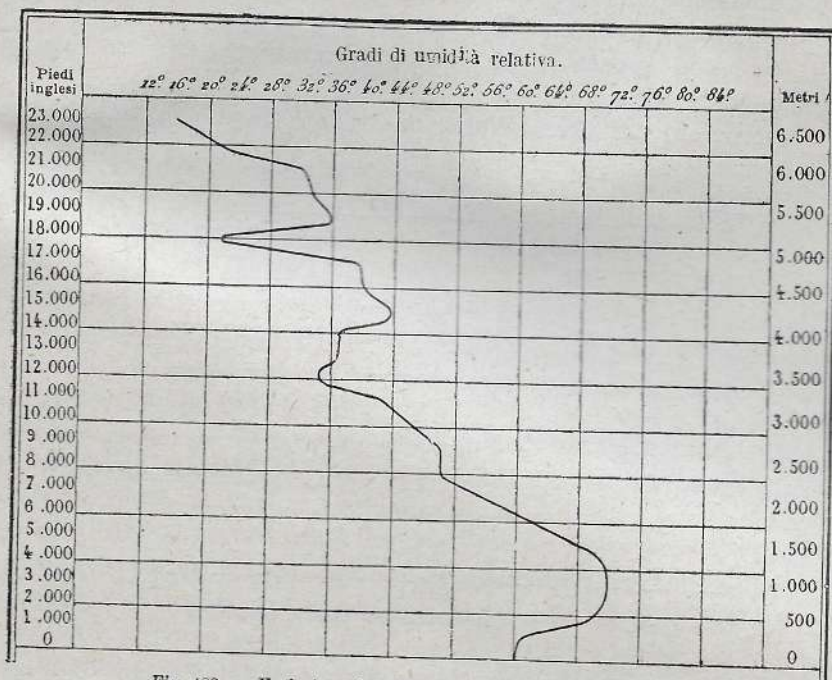



Fig. 182. — Variazione dell'umidità dell'aria secondo l'altezza.

presentato da un millimetro, al disopra della linea di 60 gradi presa per base.

Quest'umidità atmosferica invisibile, che non rivela la sua presenza se non coi delicati apparecchi imaginati per misurarla, e che tuttavia dà ai paesaggi tutto il loro valore: — lo smeraldo alle praterie della verde Erin, l'azzurro del cielo del Mediterraneo, la lussureggiante splendidezza ai vegetali de' tropici, — questa umidità invisibile diventa visibile non appena un abbassamento di temperatura la conduce al suo punto di saturazione. Se è l'aria stessa che subisce un raffreddamento, diventa opaca per effetto del passaggio del vapore allo stato liquido, ed abbiamo la nebbia. Se è un corpo solido a tal grado di freddo, l'umidità si condensa alla superficie ed abbiamo la rugiada.

La *rugiada* non scende dal cielo come ancora lo si dice nei libriccini di lettura delle scuole elementari francesi. La sua produzione non ha nulla di comune con quella della pioggia. Essa *formasi* nel punto stesso dove la si osserva.

Se in una notte tranquilla o serena pongonsi all'aria aperta erbe, cotone, lanugine e qualsiasi altra sostanza filamentosa, dopo un certo tempo trovasi che la loro temperatura è 6, 7 ed anche 8 gradi al disotto della temperatura dell'atmosfera ambiente.

Nei luoghi dove la luce del sole non penetra e d'onde scopresi una grande estensione di cielo, la differenza fra la temperatura dell'erba, del cotone, ecc., e dell'atmosfera comincia a farsi sentire fra le 3 o le 4 pom., cioè non appena la temperatura diminuisce; alla mattina dura più ore dopo la levata del sole.

Le osservazioni del fisico Wells, continuate da Arago, hanno dimo-

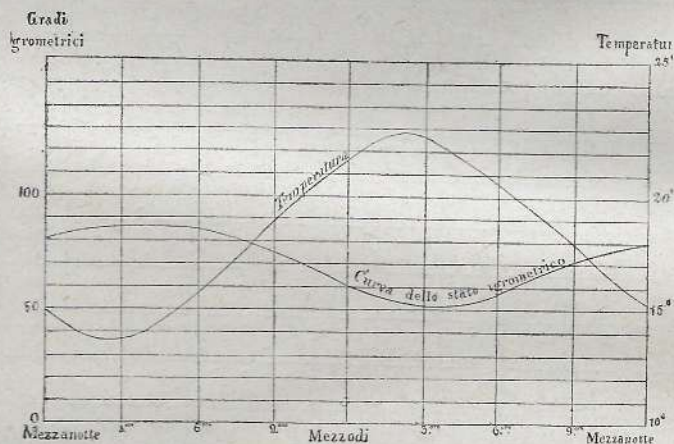



Fig. 183. — Variazione diurna dell'umidità atmosferica.

strato che in una notte serena l'erba d'un prato può essere 6 o 7 gradi più fredda dell'aria; se sopraggiungono le nubi, l'erba riscaldasi tosto di 5 o 6 gradi, nè per ciò si altera la temperatura dell'atmosfera

Un termometro in contatto con un fiocco di lana posto sovra un'asse situata all'altezza d'un metro sopra il suolo, indicava in tempo tranquillo e sereno, 5 gradi meno di un secondo termometro la cui bolla era situata sotto la faccia inferiore della stessa asse.

Simile raffreddamento dipende dall'irradiazione notturna. Allorchè nessun ostacolo si oppone al disperdersi del calore d'un corpo, esso irradia questo calore in distanza e lo perde a poco a poco. L'aria trasparente non è sufficiente per opporsi a siffatto disperdimento del calore. Una nube, un parafuoco di legno, di tela, di carta, od anche di fumo basterebbero. Senza ostacoli, il corpo si raffredda giusta il suo potere irradiante, che del resto differisce secondo i corpi (e, per esem-

pio, è fortissimo pel vetro e debolissimo pei metalli); e allorchè la temperatura del corpo così esposta è scesa al grado di saturazione, l'umidità atmosferica si depone su di esso, assumendo dapprima le forme di goccioline sferoidali, poichè tale è la forma presa da qualsiasi complesso di molecole abbandonate alle proprie intime forze di coesione; poi quando queste piccole goccie sono abbastanza pesanti e vicine, distendonsi come un sottile involucro d' acqua alla superficie del corpo.

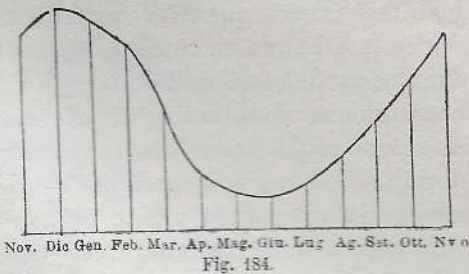
La rugiada è abbondante solo nelle notti tranquille e serene. Se ne vede qualche traccia nelle notti nuvolose, se non tira vento, a dispetto di questo se il tempo è sereno, ma non se ne forma mai sotto le influenze riunite del vento e del cielo nuvoloso.

Le circostanze favorevoli ad una formazione abbondante di rugiada riscontransi più generalmente in primavera, e specialmente in autunno, che non in estate. È mestieri ricordarsi un fatto che vuol essere collegato al precedente, cioè che le differenze fra le temperature del giorno e quelle della notte non sono mai maggiori che di primavera e d'autunno.

Nov. Dic Gen. Feb. Mar. Ap. Mag. Giu. Lug. Ag. Set. Ott. Nov.

Fig. 184.

Variazione mensuale dell'umidità atmosferica.

I fenomeni della precipitazione della rugiada sovra un corpo compatto e liscio, sopra una lastra di vetro, per esempio, somigliano perfettamente a quelli che si osservano allorchè un vetro è esposto ad una corrente di vapore acqueo più caldo di esso; uno strato leggiero ed uniforme d'umidità appanna dapprima la superficie; si formano poscia goccioline irregolari e schiacciate, che riunisconsi quando hanno acquistato un dato volume e scorrono allora in tutte le direzioni.

Ciò è quanto vedesi ogni giorno, se in una camera riscaldata son portati oggetti raffreddati in una sala vicina dove regna freddo rigoroso: tutti questi oggetti copronsi d'umidità. Per tal ragione gli sfoggiati cristalli che appajono alla frutta sulla mensa imbandita in una stanza la cui aria è piena de' vapori delle vivande, della respirazione dei commensali e della combustione de' lumi, sono immediatamente velati da un denso strato di rugiada fornita dal vapore invisibile dell'aria circostante. Spesso, entrando in un teatro, le lenti de' cannocchiali raffreddate dall' aria esterna sono oscurate da simile deposito d' umidità, che è un vero deposito di rugiada.

Ne' freddi invernali, se apresi la finestra della sala dove molte persone hanno appena finito un lungo pranzo, al passaggio dell'aria fredda, formasi istantaneamente una nube, il sottopalco bagnasi tosto di una larga macchia di vapore condensato.

La rugiada è un fenomeno considerevole, non solo per la quantità assoluta che ne riceve un punto del globo, ma altresì per l' estensione della superficie ov' essa si manifesta. È nelle regioni tropicali specialmente che esercita gli effetti più spiccati e più favorevoli; l' aria, sulla temperatura di 30°, contiene più di 30 grammi d' acqua ogni metro cubo, e quest' acqua deponesi in abbondanza durante la notte, scorre dalle foglie, e alla mattina vedesi talvolta l' erba così bagnata dalla rugiada come avrebbe potuto esserlo dalla pioggia.

Constatasi la maggiore o minor abbondanza della rugiada, ma non si potrebbe misurarla perchè non cade come la pioggia. La sua comparsa dipende dal potere irradiante del corpo ch' essa bagna, poichè non si depone che sulle sostanze più fredde dell' aria ambiente e in quantità tanto più considerevole quanto più pronunciata è la differenza di temperatura.

Le terre lavorate, i maggesi, i coltivi, le foreste, le roccie, la sabbia manifesteranno quantità variabilissime di rugiada. V' ha di più: le foglie non hanno in tutta la pianta eguale facoltà emissiva; la rapidità, l'intensità del loro raffreddamento, il deposito di rugiada che ne è la conseguenza, sono collegati alla distanza a cui esse trovansi dal suolo, al colore più o meno oscuro, al liscio od alla scabrosità della loro epidermide. La rugiada sgocciola dalle foglie di un campo di barbabietole mentre in un campo vicino le foglie delle patate sono appena umide.

Il signor di Boussingault ha tentato di misurare questa quantità di rugiada.

Dopo alcune notti di rugiada abbondante, egli recossi nelle praterie della sponda della Sauer (Basso Reno) prima del sorgere del sole. Quivi, con una spugna, asciugò l' erba sopra una superficie di 4 metri quadrati. L'acqua veniva posta in una boccetta e pesata.

La rugiada presa su 4 metri quadrati oltrepassò qualche volta il peso di un chilogrammo.

In media, la rugiada raccolta sulla prateria rappresenterebbe una pioggia di 0 mill. 14, equivalente a 1400 litri d' acqua cadente sovra una superficie d' un' ettara, volume troppo debole, senza dubbio, per surrogare l' inaffiamento, ma utilissimo così sui prati come sui coltivi, attenuando i cattivi effetti di prolungate siccità.

La rugiada e la nebbia contengono presso a poco le stesse proporzioni d' ammoniaca e d' acido nitrico; dallo stesso punto di vista, l' una e l' altra hanno la medesima analogia con la pioggia quando comincia a cadere, quand' è in certo modo la prima lavatura dell' aria. È infatti nella prim' acqua caduta, specialmente dopo una lunga siccità che havvi maggior quantità d' acido carbonico, di carbonato e di nitrato d' ammoniaca, di materie organiche, di polveri d' ogni specie, immondizie dell' atmosfera. Se un giorno si intraprenderà uno studio diligente delle

sostanze che l'aria contiene soltanto in quantità infinitamente piccole, converrà andarle a cercare nella sabbia, nella rugiada, nelle prime goccie di pioggia, nella grandine. In una parola, s' incontreranno riunite e concentrate nelle meteore acquose.

La brina, sì funesta ai vegetali nelle mattine di primavera, e che ha dato sì cattiva riputazione alla luna d' aprile, non è altro che la rugiada, gelata da quella medesima causa che l' ha prodotta: l' irradiamento notturno.

Non v' ha mezzo di preservare dalla sua azione distruttiva i campi coltivati troppo estesi per poter essere riparati? Questo mezzo c'è: consiste nell' intorbidare la trasparenza dell' aria, e gli Indiani, da tempo immemorabile, l' hanno applicato con fortunato esito.

Boussingault ci ha narrato che gl' indigeni dell'alto Perù, esposti a vedere distrutti i loro raccolti dall'effetto dell'irradiazione notturna, avevano l'abitudine, quando

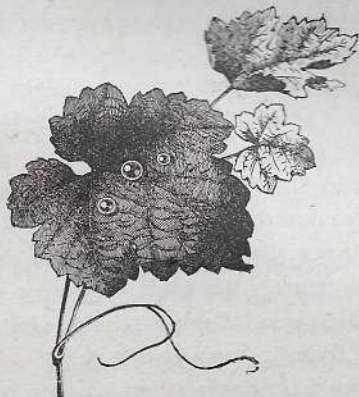



Fig. 185. — Goccie di rugiada.

la notte annunciavasi in guisa da farla temere, cioè quando le stelle brillano di vivo splendore e l'aria non è agitata, di metter fuoco a mucchi di paglia umida e di letame, allo scopo di produrre del fumo che intorbidi la trasparenza dell' aria.

I buoni effetti del fumo, per isfuggire alla congelazione notturna, sono stati suggeriti anche da Plinio: « Il plenilunio, dice, è nocivo solo quando il tempo è sereno e l'aria perfettamente tranquilla; poichè colle nubi e col vento la rugiada non cade. Vi sono poi rimedi contro queste influenze. Quando avete dei timori, bruciate sarmenti o mucchi di paglia, o erbe o sterpame; il fumo sarà un preservativo... La costellazione da noi chiamata canicola decide delle sorti dell'uva. Dicesi allora che la vigna iscarbontisce, bruciata dalla malattia come da un carbone. »

Il miglior espediente per sottrarre i campi coltivati agli effetti disastrosi di un troppo rapido abbassamento di temperatura, intorbidando la diafaneità di un'atmosfera stagnante, è stato praticato tanto nel vecchio quanto nel nuovo mondo.

La conquista rovesciò naturalmente il culto degli Incas Non era più permesso

agl'Indiani di scongiurare gli effetti perniciosi del freddo notturno offrendo sacrificì alle divinità, e si smise d'accendere fuochi nei campi, ciò che consideravasi senza dubbio come un'idolatria, tanto si era lontani dalle ammirabili esperienze di Wells. Tuttavia, per istornare una calamità di continuo minacciosa, si pregò; ma le preghiere senza fumo non sono sempre state efficaci.

In Europa, altra delle cause che hanno contribuito a far rinunziare a prendere per l'interesse delle campagne, una precauzione i cui eccellenti risultati non potrebbero essere posti in dubbio, è la difficoltà d'essere sempre pronti a prenderla in tempo. Il gelo per irradiamento notturno è un fenomeno istantaneo, nè si ha sempre sottomano il combustibile necessario, e specialmente un combustibile adatto, che bruci lentamente e sviluppi molto fumo. D'altra parte, il vignajuolo non si deciderà volentieri a sacrificare il letame, mentre non ne ha mai di troppo, e quando si tratterà d'appiccare il fuoco, mostrerà tutta l'apatia di un indiano. I fuochi di paglia umida ponno essere dispendiosi, e se finissero coll'acquistare certa intensità presenterebbero il doppio inconvienente di essere altrettanto pericolosi che inutili, perchè non si tratta di far fiamma.

Quali sono le materie a prezzo infimissimo che spandono più fumo? il signor Boussingault fece tale interrogazione all'Accademia delle Scienze. Il risultato della discussione fu che si dovessero adoperare come combustibili capaci d'intorbidare, bruciando una gran massa d'aria, catrame di carbon fossile, la naftalina, la resina, i bitumi e la torba. Queste sostanze hanno pochissimo valore; colle materie bituminose, colle resine, potrebbesi formare delle torcie, dei lampioni, alcuni dei quali basterebbero certamente per intorbidare la trasparenza di uno strato d'aria che posasse su un'ettara di terreno. La naftalina, sostanza bianca, solida, cristallina, paragonabile alla cera, che non serve a nulla appunto perchè fuma troppo quando brucia, avrebbe sui catrami la qualità pregevolissima del facile trasporto e quello di non insudiciare ciò che fosse in contatto con essa.

L'intervento del fumo per iscongiurare l'irradiazione notturna non è giustificato se non quando il cielo è sereno e l'atmosfera in perfetta tranquillità; la precauzione esige una spesa minima, chè in tal caso pochissimo fumo basterebbe a intorbidare una gran massa d'aria notturna, se il cielo fosse puro e l'atmosfera tranquilla.

Nel 1771, A. Wilson, che osservò l'andamento di un termometro durante una notte d'inverno, la quale fu successivamente, a più riprese, chiara e nebbiosa, trovò che saliva costantemente di circa mezzo grado nell'istante in cui l'atmosfera si oscurava, e che ritornava al punto di partenza quando le nebbie eransi dissipate. Secondo il figlio dello stesso fisico, Patrik Wilson, l'effetto istantaneo delle nubi sovra un termometro sospeso all'aria libera può elevarsi a 1°,7. Tale è pure, a un dipresso, il risultato ottenuto da Pictet nel 1777, e pubblicato per la prima volta nel 1792.

Una circostanza curiosa, scoperta da Pictet, è quella che nelle notti tranquille e serene la temperatura dell'aria invece di andar diminuendo

mano mano che noi ci allontaniamo dal suolo, presenta, al contrario, almeno fino a certa altezza, una progressione crescente. Un termometro a $2^m,50$ d' elevazione, segnava tutta notte $2^\circ,5$ centigradi di meno che un istrumento simile in tutto, sospeso sulla cima d' un palo verticale di 17 metri; due ore circa dopo la levata del sole, come pure due ore prima del tramonto, i due istrumenti erano d' accordo; verso mezzogiorno, il termometro vicino al suolo segnava spesso $2^\circ,5$ centigradi più dell' altro; se il tempo era interamente nuvoloso i due istrumenti avevano lo stesso andamento di giorno e di notte.

Le osservazioni di Pictet sono state confermate. Wells infisse ai quattro angoli di un quadrato di $0^m,60$ quattro sottili piuoli, ciascuno de' quali inalzavasi di 0,15 perpendicolarmente alla superficie d' un prato; tese orizzontalmente sulle loro estremità superiori un fazzoletto di batista finissimo, e confrontò nelle notti chiare la temperatura del quadratello d' erba che corrispondeva verticalmente alla leggiera tettoja con quella delle parti vicine affatto scoperte. L' erba preservata dall' irradiamento mercè il fazzoletto di batista fu trovata qualche volta 6° centigradi più calda dell' altra; quando quest' ultima era molto gelata, la temperatura dell' erba privata della vista del cielo dallo stesso tessuto che la ricopriva alla distanza di 0,15, era ancora parecchi gradi sopra zero. In un tempo completamente nuvoloso, una tettoja di batista, di stuoje o di qualsiasi altra specie ha un effetto di lievissimo conto.

All' Osservatorio di Greenwich, Glaisher ha dianzi constatato, dopo tre anni d' esperienza continua, che la temperatura dell' aria a 22 piedi d' altezza è più alta che a 4 piedi in tutte le ore del giorno e della notte ne' mesi di novembre, dicembre, gennajo e febbrajo; di notte e nel pomeriggio in marzo, aprile, agosto, settembre e ottobre. All' altezza di 50 piedi, la temperatura è del pari più elevata durante la notte in tutto l'anno. Se il cielo è nuvoloso, la temperatura conservasi la stessa.

Nel giugno 1871, i signori Carlo Sainte-Claire-Deville ed Elia di Beaumont richiamarono l' attenzione dell' Accademia delle Scienze sull' argomento de' geli tardivi. Si trattava della gelata del 18 maggio, che la mattina dell' Ascensione, si è estesa sui vigneti e sulle campagne coltivate dei dintorni di Parigi e del centro della Francia. Io stesso ebbi una vigna gelata nell' Alta Marna, e ho dimostrato con alcuni confronti che quel gelo disastroso si è esteso anche nell' Est e sulla metà della Francia, nella stessa ora. Sarebbe certamente desiderabile si trovasse un modo facile di guarentire i coltivi durante il periodo critico che segue la fioritura: molte perdite, spesso estesissime, sarebbero così scongiurate.

CAPITOLO II.

Le nubi.

CHE SIA UNA NUBE. — MODO DI FORMAZIONE. — LA NEBBIA. — OSSERVAZIONI FATTE IN PALLONE E SULLE MONTAGNE. — DIVERSE SPECIE DI NUBI. — LORO FORME. — LORO ALTEZZA.

Il vapore d'acqua *invisibile* sparso nell'atmosfera, di cui abbiamo testè studiate la distribuzione e le variazioni, diventa *visibile* quando un abbassamento di temperatura ed un aumento d'umidità lo conduce al punto di saturazione. Supponiamo, per esempio, che una certa quantità d'aria a 30 gradi contenga 31 grammi di vapore acqueo. Quest'aria è perfettamente trasparente. Se, per una causa qualunque, l'aria scende a 25 gradi e riceve una nuova umidità, s'intorbiderà e diverrà opaca. Cinque gradi di calore di meno le toglieranno 7 grammi di vapore acqueo, che, condensandosi, diventa visibile. Ecco ciò che è una nube: vapore acqueo che l'aria non può più assorbire quando ne è satura, e che se ne distingue passando allo stato di piccole vescichette.

Tale passaggio dallo stato gasoso allo stato liquido può avvenire dovunque e a tutte le altezze. Quando si effettua a livello del suolo, gli si dà il nome di nebbia. Ma non havvi differenza essenziale fra la nube e la nebbia. Allorchè si attraversano le nubi in pallone, come mi è più volte accaduto, non si prova alcuna resistenza, e l'aria è soltanto più o meno opaca, più o meno e fredda, più o meno umida, varietà che riscontrasi del pari alla superficie del suolo secondo la diversità delle nebbie. Lo stesso avviene quando si entra nelle nubi sulle montagne.

Sebbene non siavi differenza *essenziale* fra le nebbie e le nubi, ce n'è però una di fatto, ed è che la nebbia è un *luogo* nel quale il vapore acqueo passa dallo stato invisibile al visibile, mentre una nube è *un oggetto* individuale, un raggruppamento di vapori visibili secondo una determinata forma. Il primo è *immobile*, il secondo è *mobile*.

Occupiamoci prima della nebbia.

Esaminandola colla lente, vedesi che la nebbia si compone di corpuscoli opachi. Uno studio più diligente mostra che questi corpuscoli

sono formati da acqua obbediente alle leggi della gravitazione universale; le molecole d'acqua si raggruppano sotto forma di sfericine simili a quelle del mercurio. Le sfericine sono piene o vuote? tale è la questione che divide i meteoristi. L'opinione espressa già da Halley, siano queste sfericine vuote e serva l'acqua solo d'involucro, pare più dell'altra fondata. Tuttavia è probabile ch'esse siano frammiste con grande quantità di goccioline d'acqua.

Pigliate una tazza piena di un liquido di un colore oscuro, come il caffè o l'inchiostro di China disciolto nell'acqua; riscaldatelo e ponetelo al sole o in luogo illuminato; se l'aria è tranquilla, il vapore sale e scompare tosto; se lo si osserva colla lente, vedonsi alzarsi de' globuletti. I più piccoli attraversano rapidamente il campo del vetro ingrandendosi, gli altri ricadono sulla superficie del liquido. Saussure aggiunge che le vescichette che s'inalzano differiscono siffattamente da quelle che ricadono, da rendere impossibile il dubbio che le prime siano vuote.

Il modo con cui essi comportansi colla luce non è meno favorevole a quest'opinione; non offrono che la scintillazione che osservasi sulle goccioline piene esposte a viva luce.

Tutti hanno osservato che le bolle di sapone sono spesso ornate dei più vaghi colori. Tali colori appajono del pari sulle bolle formate da sostanze vischiose, e si possono più facilmente studiare perchè più a lungo resistono. Dipendono i colori dall'essere i raggi incidenti divisi in due porzioni. Gli uni sono riflessi dalla superficie anteriore; gli altri la traversano, ma sono in parte riflessi dalla superficie posteriore. L'involucro della sfera debb'essere assai esile perchè si verifichino tali apparenze. Kratzenstein, esaminate al sole e attraverso un vetro d'ingrandimento le vescichette che si elevano dall'acqua calda, ha osservato alla loro superficie anelli colorati simili a quelli delle bolle di sapone; e non soltanto egli s'è convinto che la loro struttura è simile a quella delle bolle di sapone, ma ha potuto altresì calcolare lo spessore del loro inviluppo.

De Saussure e Kratzenstein hanno tentato di misurare sotto il microscopio il diametro delle vescichette componenti il vapore acqueo. Ma è difficile ottenere un risultato positivo; poichè si tratta di misurare le vescichette della nebbia e non quelle che si elevano dall'acqua calda. Per buona ventura alcuni dei fenomeni ottici che si producono quando il sole splende attraverso nubi o nebbie ci forniscono il mezzo di giungere a questo risultato.

Kaëmtz ha fatto un gran numero di misure nella Germania centrale e in Isvizzera; egli ha trovato che, in media, il diametro delle vescichette della nebbia è di circa 22 millesimi di millimetro, e che varia come segue nelle diverse stagioni:

DIAMETRO DELLE VESCICHETTE NELLA NEBBIA.

	mm.		mm.
Gennajo	0,027	Luglio	0,017
Febbrajo	0,035	Agosto	0,014
Marzo	0,020	Settembre	0,022
Aprile	0,019	Ottobre	0,020
Maggio	0,015	Novembre	0,024
Giugno	0,018	Dicembre	0,034

Vedesi che esiste una progressione piuttosto regolare dall' inverno fino all'estate, chè le anomalìe dipendono dal numero insufficiente delle osservazioni fatte sin qui. Così d' inverno, allorchè l' aria è umidissima, il diametro delle vescichette è due volte più lungo che in estate quando l' aria è asciutta, ma in uno stesso mese anche questo diametro cambia: tocca il minimo quando il tempo è bellissimo, aumenta non appena ci sono minaccie di pioggia, e prima ch' essa cada esso è molto ineguale nella stessa nube, che contiene probabilmente gran numero di goccie d' acqua miste al vapore vescicolare.

Come la primavera l' autunno è la stagione delle rugiade abbondanti; il raffreddamento della terra nelle notti serene, e l' umidità dell' aria più vicina alla precipitazione che in estate fanno deporre l' acqua atmosferica sugli oggetti terrestri raffreddati, presso a poco come in una sala da pranzo vedesi l' umidità dell' aria calda deporsi sui cristalli che vengono recati dal di fuori ove fa freddo. Il vapore delle vivande, la respirazione dei convitati, la combustione negli apparecchî d'illuminazione rendono l' aria della stanza ove si mangia calda e umida, e l'acqua scorre lungo i vasi raffreddati col ghiaccio. Spesso, in autunno, il raffreddamento notturno della terra si comunica allo strato d' aria che la ricopre immediatamente, d' onde le nebbie poco alte che i raggi del sole nascente dissipano in breve. Se il terreno è a valli, l' aria fredda della nebbia vi cade e forma per l' osservatore, posto sulla pianura elevata, un *mare* bianco a perfetto livello. Non di rado, nella mia infanzia, contemplavo prima del levar del sole, dall' alto dei bastioni della città di Langres, quest' oceano di vapori grigi esteso sulla valle della Marna, le cui onde venivano a lambire le mura a pochi metri sotto di me. L' altezza dei bastioni di questa capitale antica dei Lingons è di 450 metri sopra il livello del mare. Talvolta, d' inverno, la vista stendesi, al sorgere del sole, sopra la nebbia della pianura, in un cielo assolutamente puro, fino a distanza sì considerevole, che distinguesi perfettamente ad occhio nudo il profilo del monte Bianco. Lontane impressioni che colpite i nostri primi sguardi di fanciulli curiosi, con quanta facilità rimanete sulla retina del nostro pensiero, oltre gli anni e le vicende della vita!

Per godere lo spettacolo nella sua imponente maestà, bisogna, dall'alto di elevata montagna, abbracciare un vasto orizzonte allo spuntar del sole, dopo un giorno in cui le nubi hanno coperto il cielo della contrada inferiore. Le nubi in mille modi tormentate dai raggi del sole e i venti leggieri che ne sono la conseguenza non offrono durante il giorno una superficie perfettamente piana. Ma nella notte tutto s' agguaglia, tutto si equilibra, ed un mare di aerei vapori stendesi sotto i piedi del contemplatore fin dove l' occhio giunge. Le alte vette delle montagne isolate che lo circondano, forano qua e là l' oceano nuvoloso sopra il quale assai di rado accade che apparisca un' aquila mattiniera, non già per ammirare lo spettacolo pittoresco e per salutare l' aurora, sibbene per trovarvi qualche preda più facile da afferrarsi in tal momento che di pieno giorno. Ai primi raggi del sole alzansi dal seno della massa nuvolosa colonne arrotondate di materia fumosa, che si fondono in seguito nell' aria circostante come il bianco fumo delle locomotive fondesi nell' aria ov' esso è portato. Se si è nella valle in mezzo alla nebbia, i raggi del sole che dardeggiano fra gli interstizî del fogliame disegnano brillanti striscie luminose, il cui insieme forma ciò che chiamasi la *gloria*, alcuni metri soltanto al disopra della testa dell' osservatore. Questa gloria, che emana dall' albero immerso nella nebbia, ricorda il roveto ardente di Mosè.

Talvolta la superficie sola dei fiumi si copre di nebbia, perchè l'acqua emette vapori, i quali si condensano nell' aria che li ricopre e che si raffredda dopo il tramonto del sole. In pochi istanti l' aria piglia la temperatura de' corpi co' quali è in contatto.

Durante una notte tranquilla e serena, la porzione d' atmosfera che riposerà sull' acqua sarà dunque più calda di quella che si appoggierà alla riva.

Col tempo tranquillo, dove l' acqua abbonda, gli strati inferiori dell' atmosfera si caricano di tutta l' umidità della temperatura comportata. La quantità d' umidità contenuta dall' aria quando è satura, è, come abbiamo già osservato, costante per ogni temperatura. Se l' aria satura si raffredda pel contatto di un corpo solido, depone sulla superficie di esso porzione della propria umidità ; ma quando il raffreddamento avviene nella massa gasosa, l' umidità abbandonata si precipita in piccole vescichette fluttuanti che intorbidano la sua trasparenza : sono queste vescichette che costituiscono le nubi e le nebbie.

Supponiamo che una circostanza qualunque, un leggiero declivio del suolo, a mo' d'esempio, un leggiero soffio di vento frammischî nella notte l' aria della riva coll' aria che riposa sopra fiume o lago ; la prima è più fredda, rinfresca la seconda, quest' abbandona tosto parte dell' umidità che conteneva e che dapprima non ne alterava la trasparenza ; ma l' umidità, cadendo allo stato di vapore vescicolare, intorbida l' aria, e quando

il numero delle vescichette fluttuanti diventa considerevolissimo, ne risulta una densa nube.

Nel mese di giugno 1818, sir Humphry Davy scese il Danubio presso Ratisbona. La nebbia mostravasi la sera sul fiume, quando la temperatura dell'aria a terra era tra 2 e 4 gradi sotto quello dell'acqua. Alla mattina, invece, la nebbia dissipavasi non appena la temperatura dell'atmosfera sulla riva superava quella del fiume.

L'11 giugno, alle 6 ant., sotto il ponte di Sassau, le temperature del Danubio, dell'Inn e dell'Ilz, nel punto dove questi fiumi si congiungono, erano rispettivamente 16°,7, 13°,6 e 13°,3 mentre sulla sponda un termometro esposto all'aria segnava soltanto 12°,2.

In tali circostanze regnava una fitta nebbia su tutta la larghezza del Danubio, un vapore poco intenso copriva la superficie dell'Inn, e il vapore leggiero che scorgevasi sull'Ilz era indizio della debole precipitazione d'umidità che poteva essere determinata dalla mescolanza dell'atmosfera del fiume coll'altra, appena più fredda della riva.

La distribuzione delle nebbie nel corso dell' anno è in rapporto con quella dell' umidità e della temperatura. Sono molto più numerose d' inverno che d'estate. L'Osservatorio di Bruxelles, che le registra con cura, ci offre ad esempio le seguenti cifre pel *numero dei giorni di nebbia* in trent' anni (1833-1863):

Mese	Giorni	Mese	Giorni
Gennajo	250	Luglio	28
Febbrajo	168	Agosto	76
Marzo	138	Settembre	150
Aprile	62	Ottobre	228
Maggio	71	Novembre	276
Giugno	42	Dicembre	315

Totale: 1822.

In alcune circostanze la nebbia è foltissima, termina in una superficie piana come una distesa d' acqua, e si alza lentamente in un' aria tranquilla, tutto avviluppando nella sua viscosità fredda ed umida. L' ingegnoso ed ardito marinajo che naufragò nel 1804 sullo scoglio delle isole Auckland, agli antipodi, il signor Raynal, ne ha osservata una straordinarissima. Era il 9 agosto. Dopo di essere salito sopra una montagna dell' isola, egli ridiscendeva col suo compagno, e seguiva una sottile cresta fra due precipizî, quando una densa nebbia li avviluppò ad un tratto. « Era impossibile muovere un passo, egli scrive (*Le Tour du monde*, 1869, II, pag. 35); non vedevamo dove mettere il piede. Per una lunga ora stemmo così immobili, tenendoci per mano, mentre sentivamo che il freddo ci penetrava nelle membra ognor più intorpidite...

Per buona ventura spirò un vento che squarciò la nebbia e la portò via a brandelli. » Nello stato dei loro malconci indumenti, avevano appena da coprirsi.

Ma dove le nebbie sono più folte è nelle latitudini ghiacciate. Allo Spitzberg, dice il signor Martins, le nebbie sono quasi continue, e di tale densità che non si distinguono gli oggetti a pochi passi. Queste nebbie umide, fredde, penetranti, bagnano spesso come la pioggia. Gli uragani sono sconosciuti in que' paraggi, anche d'estate; il rumore del

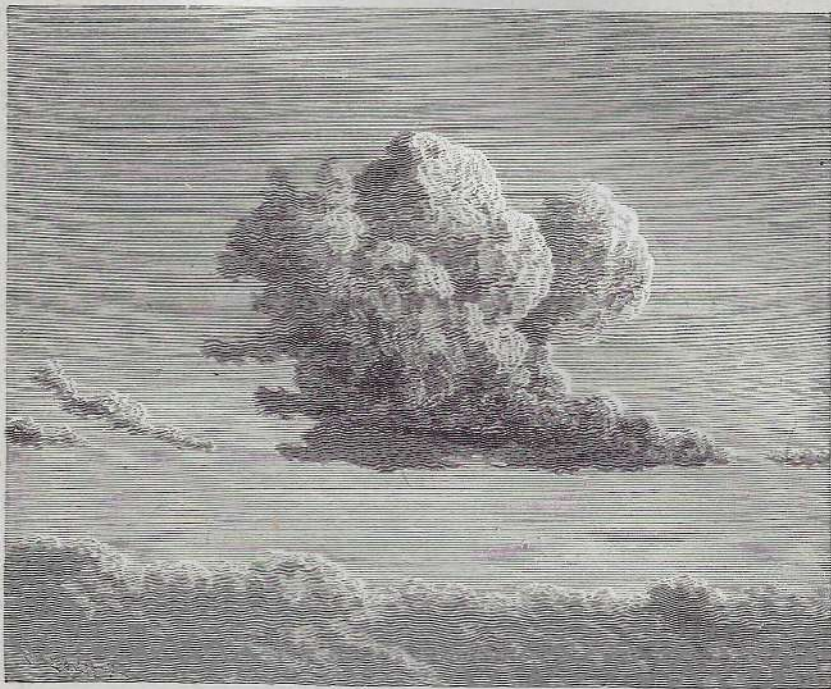



Fig. 186. — Formazione di una nube temporalesca.

tuono non disturba mai il silenzio di quei mari deserti. Nell'avvicinarsi dell'autunno le nebbie crescono, e la pioggia si cambia in neve.

Nei paesi dove il suolo è umido e caldo, l'aria umida e fredda, verificansi nebbie fitte e frequenti; è il caso dell'Inghilterra, le cui coste sono bagnate da un mare a temperatura elevata. È pure il caso de' mari polari di Terra Nuova, dove il Gulf-Stream, che viene dal Sud, ha una temperatura più alta di quella dell'aria.

A Londra le nebbie sono talvolta di straordinaria densità. Ogni anno leggesi più volte ne' giornali inglesi che si dovette accendere il gas di pieno giorno nelle vie e nelle case. Così, per dare un solo esempio, il 24 febbrajo 1832 la nebbia era tanto fitta, che a mezzogiorno non ci si

vedeva bene nelle vie, e, alla sera, perchè la città era illuminata a festeggiare il compleanno della regina, alcuni monelli passeggiavano per la città con torcie, gridando che cercavano l'illuminazione. Citansi nebbie simili alzatisi a Parigi e ad Amsterdam, mentre talvolta, a poca distanza da queste città, il cielo era perfettamente sereno. Abbiamo avuto una nebbia non meno folta nel dicembre del 1868 a Parigi (1).

Le nebbie folte hanno talvolta *odore* perchè si impregnano delle varie esalazioni che possono giungere negli strati inferiori dell' atmosfera. L'ammoniaca vi si fa sentire quasi sempre. Nel Belgio e nel Nord non di rado hanno odore di torba. Nelle nebbie fredde ed umide delle notti d'ottobre del 1871, a Parigi, si è potuto notare quella del 14, che emetteva uno sgradevole odore di petrolio.

Quando osservasi da lungi una catena di montagne, vedesi spesso una nube che incorona ogni vetta, mentre gl' intervalli sono perfettamente liberi. Questa apparizione dura ore ed anche intere giornate: ma tale immobilità è solo apparente, poichè su quelle vette regna spesso un vento fortissimo che condensa i vapori mano mano che s' inalzano lungo i fianchi della montagna: quand' essi si allontanano dalla vetta, l'apparizione è tosto dissipata. Nei passaggi delle Alpi, la formazione, i movimenti e la comparsa delle nubi offrono uno svariato spettacolo.

Le nubi che s' inalzano lungo i dossi delle montagne durante il giorno, per effetto delle correnti ascendenti diurne si sciolgono di frequente raggiungendo le cime sotto l' influenza di un vento superiore comparativamente asciutto e caldo. L' effetto è più visibile di sera; ed è facile osservarlo sui colli, in vetta ai picchi. Pare allora che la nebbia vada contro il vento, eppure la superficie che la contermina da questa parte rimane stazionaria.

Sovente oscure nubi, passando rapide sull' ospizio del San Gottardo, si precipitano in dense masse nella gola profonda del lago Tremola. Potrebbesi credere che in pochi istanti la Lombardia intiera venga sepolta sotto una densa nebbia; ma all' uscita di val Tremola, essa è già disciolta dalle correnti calde ascendenti.

L'8 settembre 1868, dopo la levata del sole, io scendevo dal San Gottardo ad Andermatt, ove dovevo pigliar la diligenza che veniva dall' Italia per Altorf. Io ed i miei compagni eravamo circondati da tal nebbione, che a pochi metri non potevamo distinguere le roccie di granito che stanno lungo questa strada sì accidentata. Talvolta lo spazio rischia-

---

(1) Vi sono altresì *nebbie asciutte*. Non hanno verun rapporto cogli studî igrometrici di cui stiamo occupandoci. Sono dovute per la maggior parte al fumo dei prati incendiati, e ponno stendersi su vaste contrade. Il fumo delle brughiere d'Olanda s' infiltra talvolta fino in Austria, a centinaja di leghe. Parimente il fumo dei vulcani si estende a grandissime distanze, come si è osservato nel 1868, a Honolulu, lungi 85 leghe dal vulcano. Nel 1865, quello dell' incendio di Limoges velava ancora il cielo alla lontananza di 30 leghe. La più folta nebbia asciutta di cui si faccia menzione fu quella del 1873.

ravasi, e vedevansi le nubi trasportate da rapida brezza avvolgersi vorticosamente sotto i nostri piedi e precipitarsi negli abissi dell' immensa valle. Nel momento della partenza dall'ospizio (o meglio dall'albergo, poichè da sei anni in qua non v'ha più ospizio sul San Gottardo), ci trovammo nell'azzurro cielo, e le nude vette granitiche, gli sterili pendìi ove qualsiasi vegetazione è sconosciuta, i ghiacciaî spiegavano sotto i nostri sguardi il loro silenzioso panorama, mentre alcune centinaja di metri sotto di noi, le grige nubi nascondevano la discesa. Attraversammo le nubi e, per un'ora, di cammino, scendemmo per entro gli agglomerati vapori. Ma mano mano che ci avvicinavamo al confine della vegetazione superiore e del versante più caldo, le nubi scemavano d' intensità, e, quantunque trasportate da una brezza che scendeva sui fianchi delle Alpi, esse a poco a poco dissipavansi e finivano collo sparire d' intorno a noi. Nell'ora in cui giungemmo al Ponte del Diavolo, riapparvero alcune nubi nella fredda e profonda valle nella quale precipitasi il sinistro torrente della Reuss; altre, inalzate da una corrente d'aria ascendente, lambendo il versante orientale del gigantesco monte, erano andate a ravvolgere le cime, e bizzarramente frammischiavansi ai ghiacciaî, in guisa che questi sembravano in un subito moltiplicati.

Un giorno, al levar del sole, andando da Lucerna a Fluelen col battello a vapore, feci analoghe osservazioni sulla formazione delle nubi. Il versante settentrionale delle alte e splendide montagne che costeggiano a sinistra della mia strada il lago dei Quattro Cantoni, era in diversi punti tappezzato da leggiero strato di nebbia; le regioni che più ricevevano il sole ne andavano esenti, ed i colli attraversati da correnti d'aria che venivano dall'altra parte (dal sud) delle mie montagne di sinistra, non conservavano la menoma traccia di nebbia.

Egli è appunto in quei paesi ammirabili, dove la natura fu larga delle sue forze più energiche e de' suoi più carezzevoli favori, nella Svizzera dalle Alpi argentee e dagli azzurri laghi, che l'occhio contemplatore meglio sa osservare le opere dell'atmosfera. Mentre l'uomo si agita nella rumorosa città, mentre è ciecamente inteso al lavoro ed al piacere, egli dimentica la divina natura per gli artificî delle proprie mani, questa natura eternamente attiva eleva di continuo dalla terra al cielo, dal suolo ove vegetiamo fino alle superiori regioni azzurre, le sfere invisibili del vapore acquoso, le innumerevoli sferette d'idrogeno associato all'ossigeno, che in silenzio nella loro picciolezza, dominando le regioni inferiori ove combattonsi l'ambizione e la fame, regnano nelle altezze celesti, creano il mondo fantastico delle nubi, danno al sole un letto di porpora e d'oro, distribuiscono le belle falde di neve alle nere campagne dell'inverno, versano l'ombra e la freschezza nelle assetate pianure estive, e talvolta si compiacciono perfino senz'alcun

riguardo di atterrire ed abbattere l'uomo nel fracasso del fulmine e nel turbinìo della tempesta.

Consideriamo ora le nubi in sè stesse, la loro formazione, il loro modo di sospensione sullo spazio.

Credevano gli antichi vi fosse al disopra dell'atmosfera un serbatojo *d'acque superiori*. San Basilio così ne parla a proposito del firmamento:

« Poichè il firmamento ripete la sua origine dall'acqua, bisogna ritenere o sia simile ad acqua diaccia, o sia fatto di qualche materia simile, com'è la natura della pietra chiamata cristallo. »

Siccome pensava potria taluno far le meraviglie che Dio abbia creato sì gran quantità d'acqua da coprire intieramente la terra, San Basilio dice inoltre: « che essendo l'elemento del fuoco necessario per la conservazione dell'universo, bisognava altresì ci fosse quello dell'acqua non solo per l'uso delle acque terriali, ma anche per riempire l'universo e temperare il gran calore dell'elemento del fuoco. In principio Dio fece una gran quantità d'acqua, la quale mise in un deposito affinchè potesse bastare fino al giorno ultimo della durata del mondo, e che sarà consunta a lungo andare dalla forza del fuoco... Quanto alla regione eterea, chi dubita non sia piena di fuoco e di calore? e se essa non fosse contenuta in certi limiti, chi impedirebbe non infiammasse e bruciasse tutto questo mondo e non consumasse tutto l'umore che vi è? »

Gli è così che ragionavasi prima dell'epoca delle scienze esatte. Facevansi dapprima supposizioni, e in seguito la logica incaricavasi di tutto spiegare.

Abbiamo visto nell'antecedente capitolo che l'umidità dell'aria si accresce fino a certa altezza, fino ad una *zona d'umidità massima*, la cui elevatezza varia secondo le stagioni e secondo le ore, e più in su della quale l'aria diventa sempre più asciutta. Tale zona, da me constatata igrometricamente ne' miei viaggi aerei, trovo, nell'occuparmi della discussione delle nebbie, che è stata *veduta* da Saussure ne' suoi viaggi nelle Alpi, e dal comandante Rozet nei Pirenei ed anche nelle Alpi. È un vapore azzurro, trasparente, che difficilmente scorgesi finchè vi si è immersi, ma di cui distinguesi chiaramente la superficie superiore quando la si è oltrepassata. Questa superficie è sempre orizzontale, come quella del mare. Quando si è sulle alte creste delle Alpi o de' Pirenei, vedesi il confine superiore di siffatta atmosfera di vapore disegnarsi all'orizzonte con una tinta turchiniccia simile a quella che termina l'orizzonte del mare. La sua altezza varia a norma delle stagioni e delle ore; mediante i calcoli geodetici la si è trovata ora a 1100 metri, ora a 1500, ora a 2000 e financo a 3000 ed a 4000. La sua temperatura non discende sotto zero. Il piano inferiore che limita le nubi è determinato dal punto della verticale ove incontrasi il punto di rugiada dell'aria, così che terminansi correnti oblique, ed anche verti-

cali, e il piano inferiore delle nubi rimane lo stesso, poichè l'aria scendente sotto questo piano lascia le si sciolga il proprio vapore, mentre quella che si alza intorbidasi alla stessa altezza.

Su questa superficie terminale dell'atmosfera di vapore formansi appunto le nubi e pare in appresso vi riposino. Il 15 luglio 1867 io vogavo fra 1500 e 2000 metri d'altezza prima dello spuntar del sole. Fu uno dei rari casi in cui ho potuto assistere direttamente alla formazione delle nubi e trovarmi nell'officina della natura. Ero al disopra della pianura del Reno, fra Aquisgrana e Colonia. L'atmosfera era rimasta pura, quando nella zona d'umidità massima apparvero piccoli fiocchi bianchi. Poi, unendosi, essi formarono fiocchi più grossi, e questi dei monticelli. Talvolta si agglomeravano in gran numero, tal altra si disperdevano colla stessa facilità con cui eransi raggruppati. Le bianche nuvolette riunite formarono dei cumuli. Tale formazione di nubi avveniva più centinaja di metri sotto di noi. Col sole svaporò l'umidità notturna del pallone e noi ci alzammo lentamente fino a 2400 metri. Lo stesso accadde delle nubi, che anzi alzavansi un po' più velocemente dell'aerostato e finirono coll'avvilupparci e passar oltre.

Peltier e Rozet hanno assistito, sulle montagne, alla formazione delle nubi, ed esattamente descrivono questo modo stesso di produzione.

La superficie superiore delle nubi è ineguale, rigonfia sopra le correnti ascendenti che s'inalzano, concava più lungi, ed offre l'aspetto di una serie di montagne e di valli assai pittoresche ed accidentate, di bizzarre forme. La superficie inferiore, all'incontro, è piana e spesso orizzontale, e ondeggia nell'atmosfera di vapore come sopra un lago.

Le vescichette delle nubi si attirano scambievolmente e si raggruppano in masse condensate. Parmi indispensabile il supporre quest'attrazione per ispiegare le figure disegnate con tanta chiarezza, prese dalle diverse nubi. D'altra parte più volte ho avuto campo di vederla in azione e di sorprenderla, a così dire, sul fatto, e fra le altre, nell'ascensione di cui ho tenuto parola testè. Le nubi nascevano qua e là allo stato frammentario, e i gruppi di vescichette agglomeravansi a poco a poco, come vedonsi alla superficie di una tazza di caffè i globetti d'aria provenienti dalla fusione dello zucchero riunirsi e costituire uno stesso sistema. Tal sorta d'affinità molecolare l'ho constatata sotto una forma ancora meglio determinata in certe nubi di fumo proveniente da esplosioni, come se n'ebbe troppo di frequente lo spettacolo nell'anno di guerra 1871. Il giorno della formidabile esplosione della polveriera di Vincennes, il 14 luglio 1871, la nube che si alzò di mezzo a boati vulcanici dal cratere prese nell'aria tranquilla di quella calda giornata una forma pomellata che si può esattamente paragonare ad un immenso cavolfiore. Questa nube rimase a lungo immobile, e, dalla distanza dominante dall'Osservatorio a Vincennes, ho potuto osservarla con mio agio in un

cannocchiale astronomico di considerevole ingrandimento. L'aderenza delle molecole era manifesta, e se la nube fosse stata solida, non avrebbe avuto una forma meglio definita alla luce del sole che la rischiarava (ore 1, m. 20).

In generale le nubi sono trascinate dal vento, di cui seguono esattamente il corso, essendo come immerse e relativamente immobili nella corrente in seno alla quale van fluttuando. La misura della loro velocità dà anzi quella del vento superiore. Ma tal regola non è senza eccezioni. Vi sono altresì *nubi che non viaggiano*, anche quando sono attraversate da un vento più o meno forte e che parrebbe dovesse trascinarle seco.

Un giorno che passavo in pallone, accompagnato dal signor Eugenio Godard, al disopra della foresta di Villers-Cotterets, fui assai sorpreso di vedere, per più di 20 minuti, una piccola nube lunga circa 200 metri e larga 150, stare sospesa *immobile* 80 metri circa sopra gli alberi. Avvicinatici, ne vedemmo tosto cinque o sei più piccole, sparse e del pari immobili. Tuttavia l'aria viaggiava in ragione di 8 metri al secondo; qual áncora invisibile ratteneva quelle nuvolette? Giunti al disopra riconoscemmo che la principale era sospesa sopra un bacino d'acqua, e che le altre segnavano il corso d'un ruscello. — Era una corrente ascendente di aria umida che di là alzavasi e la cui umidità invisibile giungeva al punto di saturazione e diventava visibile attraversando il fresco vento che soffiava sopra il bosco.

Presso Wiesbaden, Kaëmtz è stato testimone d'un fatto analogo dopo fortissima pioggia. « Le nubi eransi squarciate, egli dice, mostrossi il sole e vidi alzarsi costantemente dallo stesso punto una colonna di nebbia. Vi accorsi: era una prateria segata, circondata da pascoli coperti di altissima erba che, riscaldandosi meno della superficie falciata determinavano una evaporazione meno attiva. » In Isvizzera il fenomeno mostrasi su minore scala; mentre il più bel tempo regna sul Faulhorn, i laghi della Svizzera sono spesso coperti di nebbia diversissima nella densità. Lo stesso meteorista ha osservato che quella sotto cui stavano nascosti i laghi di Zugo, Zurigo e Neuchâtel era fittissima, mentre i laghi di Thun e di Brienz erano appena velati da leggiero vapore. Detto fenomeno si è riprodotto troppo spesso per attribuirlo al caso. Il lago di Zugo è abbastanza profondo ed i suoi affluenti non vengono direttamente dalla regione delle nevi eterne. La sua temperatura dev'essere più elevata di quella del lago di Brienz, dove l'Aar gettasi immediatamente dopo di aver abbandonato i ghiacciaî della Grimsel. A temperatura uguale, il primo si ricopre di nebbia più facilmente del secondo.

Il mio eccellente e vecchio maestro, il signor Babinet, ha osservato questo stesso fatto in una nube immobile sulla vetta del Conigou, il

più alto de' Pirenei orientali. « Un fortissimo vento spingeva l'aria della Francia verso la Spagna, egli scrive; non vedevansi nubi, all'infuori d'una piccola rete grossa pochi metri e non più larga di molto, la quale, malgrado la violenza del vento che pareva dovesse trasportarla altrove, restava ostinatamente fissa nel punto dove io l'osservavo. La rete di nuvole era contornata da linee sì definite, che io potevo immergervi la metà soltanto della matita che tenevo in mano. Il segreto di sì curioso fenomeno è che l'aria era appunto umida a sufficienza per diventar nube a quell'altezza. Più in giù, cioè e prima e dopo esser giunta a tale altezza, essa ripigliava l'usata trasparenza. Ecco la cagione per la quale prima e dopo questo passaggio la nube scompariva. Non era, in realtà, una massa d'aria fissa che formasse la nube, sibbene l'aria ovunque trasparente, che, toccando tal vetta, perdeva momentaneamente la sua trasparenza pel freddo prodotto dalla dilatazione, e surrogata da nuova aria, che subendo la stessa influenza, pareva perpetuasse la nuvolosa reticella. »

Ci rimane ora da spiegare la causa della sospensione delle nubi nell'atmosfera.

Quando vedesi una nube risolversi in pioggia e versare migliaja di litri d'acqua, maravigliasi come tanto peso possa mantenersi nello spazio aereo. La causa della sua sospensione risiede semplicemente nella sua estrema divisibilità. Abbiamo veduto che le vescichette delle nubi hanno soltanto $^{2}/_{100}$ di millimetro di diametro. Lasciate a sè stesse, le vescichette cadono. Il calcolo prova che impiegherebbero più di mezz'ora per scendere 2 chilometri nell'atmosfera, cioè che la loro velocità di caduta è di 1 metro ogni secondo appena; spesso non è che di tre decimetri. Ma durante il giorno l'aria è di continuo attraversata da correnti calde *ascendenti*, che si elevano con una velocità di più metri al secondo. Ond'è che le nubi non scendono di giorno, a meno di eccezionali circostanze. Non è necessario supporre che le loro vescichette siano piene d'aria dilatata e più leggiere, come altrettanti piccoli aerostati. Nondimeno, come diceva Fresnel, il calore solare assorbito dalla nube deve concorrere alla sua sospensione. Durante la notte, le nubi si ravvicinano al suolo. Ma abbiamo visto che le condizioni di visibilità del vapore acquoso dipendono dalla temperatura e dal punto di saturazione. Ne risulta che le nubi si disciolgono alla loro superficie inferiore mano mano che scendono in un'aria più calda, e non di rado anche alla superiore, quando esse inalzansi sotto l'azione del sole. Insomma cangiano costantemente di densità, di forma e perfino di sostanza.

Siccome le nubi sono semplicemente uno strato particolare dell'aria ci sembrano immobili, anche quando le particelle che le compongono discendono di continuo nel loro seno per scomparire alla superficie

inferiore, sotto la quale si disciolgono. Esse posano d'altronde sulla zona di vapore invisibile di cui abbiamo parlato. L'andamento orizzontale della corrente rappresenta uno sforzo abbastanza considerevole per sostenere le nubi alla stessa altezza, quand'anche tutte le particelle acquose fossero piene.

Abitatrici dello spazio aereo, metamorfosi continue ed imperiture, le nubi si elevano verso le altezze inaccessibili e popolano l'azzurro colle loro innumerevoli forme. « Dominiamo la Terra, già faceva dir loro il brillante Aristofane nella sua commedia delle *Nubi* contro Socrate, per alcuni minuti mostriamo agli sguardi degli uomini la nostra faccia che cambia ad ogni istante, e che tuttavia durerà quanto l'eternità! Ci slanciamo frementi dal seno del padre nostro, l'Oceano! Superiamo senza smarrire le forze le nevose creste delle montagne! Ci sosteniamo a queste altezze da cui più non possiamo scorgere la nostra imagine riflessa allo specchio azzurro dei mari! Se cessiamo di udire il gran mormorìo dei fiotti, incominciamo ad ascoltare la sublime armonia dei fiumi divini. Quanto è maraviglioso il nostro ufficio! Non ricevemmo noi da Giove la missione di far brillare agli occhî degli uomini tutte le ricchezze del firmamento? Ed è pure dal nostro fecondo seno che cadono le pioggie, le quali mettono in moto il ciclo della vita terrestre. Infine non siamo noi che proteggiamo tutta la natura vivente contro il più crudele dei destini? non è il nostro leggiero involucro che separa il mondo vivo dal freddo spietato della morte eterna? »

Studiate la formazione delle nubi e la loro situazione nell'aria, consideriamo le loro svariate caratteristiche forme.

Le forme delle nubi sono diversificate all'infinito dalla fitta nebbia che bagna la superficie del suolo, fino alle esilissime striscie luminose che stanno alle massime altezze dell'atmosfera. Nonpertanto la necessità d'ordinamento scientifico ha consigliato, per mettere un po' di luce in tale studio spesso nebuloso, di distinguere forme generali e tipi a cui possa confrontarsi il maggior numero delle forme presentate. Fu primo il meteorista Howard a dar nomi a questi tipi principali per riconoscerli, e in generale, quanto al principio, la sua classificazione è stata adottata, così che le sue figure son divenute in certo modo classiche e ricoprono oggi tutti i trattati di fisica Essa ci servirà soltanto di base.

Le nubi la cui forma è più frequente nei nostri climi hanno i contorni arrotondati, sembrano poste le une dinanzi alle altre, e i loro margini spiccati si disegnano in curve bianche sull'azzurro del cielo. Si è dato loro il nome di *cumuli*. In estate specialmente la loro forma disegnasi con molta chiarezza. Gli uomini di mare le chiamano *balle di cotone*. S'inalzano e s'ingrossano alla mattina, giungono alla mas-

sima altezza nel momento del maggior calore e ridiscendono in seguito per iscomparire, quando non sono numerose. Il loro spessore varia fra i 400 e i 500 metri, l'altezza fra 500 e 3000.

Talvolta questi emisferi si ammucchiano gli uni sugli altri e formano le grosse nubi addensate all'orizzonte, che somigliano da lungi a montagne coperte di neve. Sono le nubi che meglio tengono sveglia l'imaginazione, poichè la leggierezza e l'estrema variabilità dei contorni danno loro tutte le metamorfosi. Vi si può vedere tutto quello che ne passa per la mente, uomini, animali, draghi, alberi, montagne. Esse forniscono paragoni ai poeti, ed Ossian vi ha attinte le sue più belle imagini. Le tradizioni popolari dei paesi di montagna sono zeppe di strani avvenimenti in cui queste nubi hanno gran parte.

Questa forma frequente corrisponde il più delle volte al vento caldo del sud-ovest e del sud, cioè alla corrente equatoriale. Quando la umida corrente soffia per molto tempo, i cumuli si fanno più numerosi e più densi, e distendonsi come strati che possono coprire intieramente il cielo. È dessa una seconda forma quasi altrettanto frequente quanto la prima nei nostri climi sì variabili, e che caratterizza l'inverno come la prima caratterizza l'estate; la sua differenza principale consiste nella densità, in guisa che la condensazione, o la pioggia, determinasi più presto in questo stato del cielo che nel primo. Distinguesi tal forma di nubi sotto il nome di *cumolostrato*. Le nubi ondeggiate, il cielo pomellato la rappresenta sotto aspetti assai noti.

Quando le nubi non sono più disegnate e non formano che un vasto tappeto disteso a striscie orizzontali fino all'orizzonte, a siffatto aspetto si dà il nome di *strati*.

Allorchè una nube sciogliesi in pioggia acquista maggior densità, diventa più oscura, e, ove non si tratti di una grandine o di un acquazzone speciale, spianasi su vasta estensione. L'acqua che se ne distacca cadrebbe verticalmente se l'atmosfera fosse tranquilla e le goccie d'acqua abbastanza pesanti, ma due cause, delle quali almeno una esiste sempre, il vento e la leggierezza delle goccie di pioggia, fanno sì che la quantità d'acqua cadente dalla nube disegna una linea obliqua, in generale preceduta dalla nube spinta dal vento con rapidità. Si dà il nome di *nembo* a tale situazione speciale della nube che si risolve in pioggia.

Tutte queste nubi sono formate di vescichette acquose più o meno piene e più o meno fitte. Ma le nubi non risiedono soltanto negli strati aerei la cui temperatura è superiore a zero; esse del pari ondeggiano nelle regioni di temperatura glaciale. Quivi l'acqua vescicolare si congela in filamenti minutissimi di ghiaccio, e le nubi che ne sono formate sono nubi di ghiaccio o di neve, che ci hanno già servito a spiegare i fenomeni ottici, quali sono gli aloni, i parelî, ecc. Queste nubi di

ghiaccio sono quelle che spingonsi nelle regioni più elevate. Qualunque sia l'altitudine alla quale giungasi in pallone, dominano sempre a tale elevatezza che non par nemmeno di avvicinarsi ad esse, mentre una ascensione anche modestissima fa tosto attraversare i cumuli e le forme diverse di cui abbiamo testè parlato. A 10 000 metri di altezza, sopra l'Inghilterra, il signor Glaisher le ha ancora vedute dominare sempre più in alto, *excelsior!*

Esse compongonsi di sottili filamenti dall'aspetto simile ora a striscie bianche fatte colla scopa, ora alle barbe d'una penna, ora ai capelli od a reticella leggiera ed inuguale. La loro altezza media è 6000 e 7000 metri. Per virtù della stessa loro costituzione, dimorano nelle eteree regioni delle nevi eterne. Ma, come abbiam visto, la zona di zero varia di altezza secondo i climi e le stagioni; ne risulta che le accennate nubi possono presentarsi da sè stesse nelle regioni inferiori dell'atmosfera, alle latitudini glaciali delle regioni polari, ed anche nelle nostre latitudini durante certi freddi d'inverno.

Queste nubi sono designate sotto il nome di *cirri*. Un po' d'abitudine basta a farle tosto conoscere; e ciò che più sorprende si è che sono quasi sempre orientate in lunghe striscie sottili, diritte e bianche, corrispondenti alle correnti superiori che le dirigono, le scolpiscono o le fondono.

Talvolta la loro bianchezza s'intorbida, le striscie s'incrociano e si fanno più dense perchè l'aria superiore diventa più umida. In tal caso pigliano l'aspetto del cotone cardato, e di solito la modificazione annuncia la pioggia. Ridotte più dense, esse ricevono il nome di *cirro-strati*.

Tal altra poi si trasformano in leggiere nubi trasparenti di vapore vescicolare, sì trasparenti che distinguesi dietro di esse le stelle e le macchie della luna. Sono queste le nubi onde procedono le corone. Quando sono bene rischiarate pajono rotonde e ondeggiate, quando il ciclone è ricoperto dicesi che è pomellato. La loro altezza è di 3000 e 4000 metri. Distinguonsi sotto il nome di *cirro-cumuli*. — I *cumuli* e i *cirro-cumuli* danno le più belle tinte ai tramonti del sole, rifrangendone e colorandone i raggi colla loro trasparenza e la loro riflessione lontana. I bei tramonti di sole stati ammirati a Parigi dipendono in parte da ciò che queste nubi, situate al disopra dell'Havre per l'orizzonte di Parigi, ci ripetono l'imagine degli effetti luminosi prodotti sul mare.

Sono esse le forme principali prese dalle nubi e dipendenti dalla loro costituzione, dall'altezza e dalle condizioni dell'affinità molecolare che le definisce. Insomma queste varietà costituiscono due sole grandi categorie: i *cumuli* formati da vescichette liquide e i *cirri* formati da particelle diacciate.

Il signor A. Poey riunisce tutte le forme di nubi nella « classificazione scientifica e volgare » seguente:

1.° tipo.	— Cirro. Nube anellata.	Nubi di ghiaccio. Altezza: da 8000 a 12 000 metri.
Derivate.	*Cirro-strato.* Nube filata.	
	Cirro-cumulo. Nube pomellata.	Nubi di neve. Altezza: da 4000 a 8000 metri.
	Pallio-cirro. Nube a fiocco.	
2.° tipo.	— Cumulo. Nube montagnosa.	Nubi di pioggia: vescicolari o di vapore acqueo Altezza media: 1000 metri.
Derivate.	*Pallio-cumulo.* Nube di pioggia.	
	Fracto-cumulo. Nube di pioggia.	

Dobbiamo ora portare l'attenzione su forme particolari, caratteristiche di certe nubi costruite da vescichette liquide, corrispondenti alla produzione delle meteore acquose che esse conducono od annunciano.

Il mio egregio collega Silbermann, preparatore al collegio di Francia e vice presidente della Società meteorologica, da più di trent'anni si occupa nello studiare e disegnare queste forme tipiche particolari. Tra le numerosissime specie da lui stereotipate e riunite in una sorta di museo meteorologico, osserveremo le principali.

Tutti ricordano la forma delle nubi che danno le lunghe pioggie. Il cielo è interamente coperto da immenso lenzuolo grigio, e la pioggia lunga e perpetua cade da strati orizzontali leggiermente ondeggiati, che si distinguono appena dal tetro fondo generale. I giorni e le notti si succedono e il cielo rimane nascosto da quel coperchio opaco il cui spessore è talvolta di parecchie migliaja di metri occupati da più strati successivi, nei quali la luce del sole d'autunno è assorbita e quasi spenta. Sono nubi di pioggia continentale che distendonsi su vaste contrade e non lasciano distinguere i proprî contorni.

Le *nubi di pioggia parziale* le richiamano per la loro estensione in strati orizzontali; ma qui è la forma, meno estesa, più definita; essa distaccasi dal fondo del cielo, non più oscurato dall' immensità degli strati sovrapposti, ma parzialmente coperto di *cumuli* che tappezzano l'azzurro sotto una densità variabile. La pioggia sfugge ai fianchi della nube per inaffiare le città e le campagne, e disegnasi sul fondo pallido del cielo in striscie grigie oblique, il cui complesso si modifica a capriccio del vento. La nube non si dissolve sempre interamente. Pare che dopo aver lasciato il loro sovrappiù alcune regioni inaridiscano e ripieghinsi in certa guisa nel senso della nube, come ricondotte dall'affinità molecolare che dà alle nubi i colori cangianti.

Diversa è la nube dell'*acquazzone*. Non si estende come un vasto tappeto, ma forma un complesso definitivo, isolato spesso nell'azzurro del cielo. Il sole giunge fino ad essa e fa risaltare la sua bianca superficie sul fondo del cielo. Da' suoi fianchi cade la pioggia fredda, il nevischio, l'acquazzone di marzo, che il vento disperde e saetta sul viso.

Le nubi che danno la *grandine* presentano l'aspetto di una singolare aderenza di molecole, come se l'attrazione tendesse a riunirle in masse condensate di forma globulare, e la forma loro involontariamente ricorda quella d'un cavolfiore. Hanno un color grigio ceneroguolo caratteristico e spandono sotto di esse una profonda oscurità. Quest'aderenza particolare è stata parimenti constatata sulle *nubi temporalesche*. Il piano inferiore di detta specie di nubi è orizzontale, e da siffatta forma di tavola s'inalzano pennacchî, fusi, che raffigurano palle di lana più o meno grosse, più o meno stirate, dipendenti da uno stesso sistema. Sono del resto tipi e quindi forme piccolissime, che esagerano meglio che non attenuano gli aspetti osservati. Il colore, la bianchezza e l'oscurità delle nubi non possono essere presi come caratteri, poichè provengono dalla posizione di esse relativamente a quella del sole, ed a quella altresì dell'osservatore. Se vediamo una nube temporalesca a grande lontananza e che noi siam posti fra essa ed il sole, ci parrà bianca. Se l'osserviamo, all'opposto, quando giunge sopra le nostre teste, la vediamo dalla sua regione inferiore, dove la luce solare non giunge, ed essa ci parrà nera.

Le *nubi di neve* non hanno più tal forma definitiva. Estendonsi di solito sovra un immenso spessore nell'atmosfera, e con debole densità. La luce vista attraverso a vaste nebbie dà una tinta giallastra alle fredde nubi da cui scendono le falde per coprire la terra d'un lenzuolo immacolato.

Terminerò la presente esposizione col sunto delle osservazioni fatte da me in pallone sullo stato fisico delle nubi.

Durante la giornata del 14 giugno 1867 il tempo era rimasto nebbioso e le nubi stendevansi come immenso lenzuolo grigio formato di vasti cumulo-strati. Alle cinque pom. toccammo la superficie inferiore dello sconfinato lenzuolo all'altezza di 630 metri. La superficie superiore era a 810. Così queste nubi che non lasciavano trasparire il sole non avevano lo spessore di 200 metri.

Il massimo d'umidità relativa si è manifestato sotto la superficie inferiore delle nubi. L'igrometro che quivi segnava 90 gradi, segna 89 a 650 metri, 88 a 680, 87 a 720, 86 a 800, 85 a 840 al disopra della superficie superiore delle nubi; poi continua a decrescere.

D'altra parte il calore aumenta, mano mano che l'osservatore si eleva nel seno delle nubi. Il termometro, che segnava 20 gradi al livello del suolo, è sceso fino a 15 a 600 metri. All'entrare nella nube, esso inalzasi a 16 a 650 metri, a 17 a 700, a 18 a 750, a 19 a 810 metri; poi decresce all'ombra e continua ad aumentare al sole.

Nel riferirmi a questa prima traversata delle nubi nell'aerostato solitario, non posso esimermi dal descrivere l'impressione che fa riscontro nell'anima a queste variazioni sensibili. Uscendo dalla sfera inferiore, grigia, monotona, oscura e triste

e alzandosi in mezzo alle nubi, provasi un senso di gioja indefinibile, la quale indubbiamente da ciò proviene che intorno a noi si fa a poco a poco una luce inusata, in quella vaga regione la quale s'imbianca e s'illumina mano mano che l'aeronauta si eleva nel suo seno. E allorchè, giunto al livello superiore, il viaggiatore aereo vede ad un tratto svilupparsi sotto i proprî sguardi l'immenso oceano delle nubi, riesce sempre di grata sorpresa l'essere librato sovra un cielo luminoso, mentre la terra rimane all'ombra. Un effetto opposto producesi quando si ridiscende sotto le nubi. Provasi un po' di malinconia nel vedersi ricadere dal cielo nell'oscurità volgare e sotto la pesante vòlta che sì spesso ricopre il nostro globo.

Nel giorno dell'ascensione di cui sto parlando, rimasto quasi dodici ore nell'atmosfera, ho potuto rinnovare più volte le esperienze relative al livello superiore e inferiore delle nubi. Due ore dopo l'osservazione più sopra riferita, cioè alle sette, la superficie superiore era abbassata a 790 metri e la inferiore a 560 metri.

Il risultato generale è che i cumuli s'inalzano coll'accrescimento della temperatura diurna, si abbassano alla sera, pigliando i loro contorni definiti e si distendono in modo da divenir quasi trasparenti.

Allorchè già annotta sulla terra, chi risale al disopra delle nubi gode di una luce relativa che permette di leggere e scrivere facilmente.

Le nubi cadono quando la loro caduta non è neutralizzata da correnti d'aria ascendenti. Quando queste si inalzano sono evidentemente trasportate dall'aria che sale.

Il 15 aprile 1868 ho trovato le nubi non distese secondo uno strato uniforme come l'ho constatato generalmente, ma disseminate a diversi piani di una stessa zona e abbastanza vicini per sembrare in una distesa continua viste dal basso. L'altitudine media della loro superficie superiore era di 1450 metri. Due ore più tardi, la superficie inferiore era a 1100 metri, la superiore a 1380.

Osserviamo inoltre che quando navigasi sopra la regione delle nubi inferiori (cumulo-strati) e i cirri dominano sul cielo, queste ultime nubi sembrano così elevate al disopra dell'osservatore com'egli non avesse lasciato il suolo. In tal guisa ci troviamo *fra due cieli* assai diversi. Giunti a 4000 metri, il cielo dei cirri perde sola concavità, e quello dei cumuli-strati si incava. Quando l'atmosfera è pura lo stesso effetto producesi per la terra, e si è sorpresi di veder sotto i piedi una superficie concava invece di una superficie convessa.

CAPITOLO III.

La pioggia.

CONDIZIONI GENERALI DELLA FORMAZIONE DELLA PIOGGIA — SUA DISTRIBUZIONE SUL GLOBO — LA PIOGGIA IN EUROPA ED IN FRANCIA.

Ora che conosciamo la distribuzione dell'aria atmosferica, il modo di formazione e di sospensione delle nubi nello spazio, la loro divisione in due specie principali ben distinte, e l'azione della temperatura sul vapore acqueo, di leggieri possiamo trovare la spiegazione del formarsi della pioggia.

La pioggia è la precipitazione del vapore acqueo che costituisce le nubi. Affinchè questo vapore si precipiti, cioè formi goccie piene, le quali, pel loro peso, cadono attraverso l'atmosfera e producono la pioggia, occorre che lo stato molecolare della nube sia modificato da una causa esterna. Siffatta modificazione è prodotta dall'influenza delle nubi superiori, delle nubi di ghiaccio. Vi sono situazioni tali che la menoma circostanza altera profondamente e distrugge. È il caso dei cumuli-saturi; il menomo raffreddamento li condensa e precipita in pioggia una parte più o meno grande del vapore vescicolare che li compone.

La condizione solita della produzione della pioggia consiste quindi nell'esistenza di due strati di nubi sovrapposte, ed è l'alto che determina la precipitazione di quello al basso. Tutti possono facilmente verificare tale osservazione quando se ne è già avvertiti; da alcuni anni mi sono messo ad esaminare lo stato del cielo nel momento della pioggia, senza aver mai potuto trovare che mancasse tale condizione.

Monck Mason, nelle sue escursioni aeronautiche, ha osservato che allorquando un cielo completamente nascosto dalle nubi dà la pioggia, v'ha sempre un ordine simile di nubi situato al disopra a certa altezza, e che all'opposto, quando non piove, quantunque il cielo offra inferiormente la stessa apparenza, lo spazio situato immediatamente di sopra presenta per qualità distintiva dominante una grande estensione di cielo sereno e illuminato da un sole non velato dalla più leggiera nube.

Saussure aveva già osservato lo stesso fatto ne' suoi viaggi nelle

Alpi. Hatton aveva constatato che quando due masse d'aria sature o quasi sature, ma d'ineguali temperature s'incontrano, v'ha precipitazione del vapore acquoso. Peltier notò, sotto un altro lato, che un uragano è sempre composto di due ordini di nubi d'elettricità contraria. Il comandante Rozet conchiude, da una serie di osservazioni, che i temporali e la pioggia risultano dall'incontro dei cirri coi cumuli, del vapore ghiacciato col vapore vescicolare. Kaëmtz e Martins adottano la stessa teoria. Renou aggiunge inoltre che l'acqua può scendere senza gelare fino a 15, 20, 25 gradi sotto zero, nello stato d'estrema divisibilità che costituisce la nebbia e le nubi, e che la pioggia e la grandine sono dovute alla mescolanza dei cirri ghiacciati coi cumuli ancora liquidi, sotto l'influenza invariabile della temperatura (1).

Il trasporto delle masse nuvolose rappresenta una parte fondamentale nello scioglimento delle masse stesse, nell'abbondanza e nella distribuzione delle pioggie. Veggasi la Carta generale delle pioggie sul globo a pag. 381. L'abbiamo già osservato studiando la corrispondenza delle varie direzioni del vento colla quantità di pioggia caduta. Il vento di S. O., dominante nei nostri paesi, è altresì il più piovoso, perchè trascina seco gli strati umidi formati sull'oceano, strati che possono essere anche invisibili.

E però possiamo raffigurarci l'immensa evaporazione che compiesi giornalmente alla superficie dell'oceano e vedere in essa chiaramente l'origine delle nubi e delle pioggie. I venti alisei, che soffiano alla su-

(1) Tale è il modo generale di formazione della pioggia. Tuttavia essa cade qualche volta a *ciel sereno*. Eccone alcuni esempi:

Il 9 agosto 1837, alle 9 pom., Wartmann di Ginevra constatò che durante due minuti una pioggia formata da larghe goccie d'acqua tiepida cadde da un cielo puro ove brillavano le stelle. I numerosi passeggieri ch'erano sul ponte Bergues ebbero appena il tempo di fuggire in tutte le direzioni, sorpresi da quel bizzarro rovescio. L'orizzonte in giro era occupato da grosse nubi nere non continue.

Il 31 maggio 1838, alle 7 pom., lo stesso osservatore constatò altresì, pure a Ginevra, una pioggia analoga e che durò sei minuti. Le goccie tiepide, dapprima grosse e fitte, divennero poi minutissime.

L'11 maggio 1844, alle 10 ant. ed alle 3 pom, lo stesso fatto fu constatato dal medesimo osservatore, mentre l'aria era in perfetta tranquillità

Lo stesso anno, a Parigi, il 21 ed il 22 aprile, verso le due e mezzo pom., un capitano del genio de Noirfontaine, essendo sugli spalti e lungi dall'abitato, ricevette sul viso e sulle mani goccie d'acqua minutissime lanciate con forza. Se ne accorsero parimente alcuni soldati. Le goccie non erano nè abbastanza grosse nè abbondanti per essere vedute sul suolo. Nel cielo non v'era la menoma traccia di nubi nè di vapori. Il vento spirava con forza dal nord-est.

Babinet ha fatto un'osservazione analoga il 2 maggio dello stesso anno, verso le 6 pom., a Parigi. Il cielo era purissimo, di color azzurro oscuro, l'aria tranquilla, l'orizzonte libero di vapori. La pioggierella che durò 15 minuti non era abbastanza abbondante per lasciar traccia sul suolo.

Il 25 agosto 1868, il signor Ragona, direttore dell'Osservatorio di Modena, constatò una pioggia simile che durò un quarto d'ora, tra le 8 e mezza e le 9 pom.

Humboldt cita parecchi esempi dello stesso genere. Kaëmtz accerta che, secondo le sue osservazioni, il fatto non è rarissimo, poichè ripetesi due o tre volte l'anno.

La pioggia che cade da un cielo sereno è dovuta a vapori che si condensano in acqua senza passare allo stato intermedio di vapori vescicolari, o ad un trasporto di pioggia per effetto di fortissimo vento, che l'ha presa a più leghe di lontananza. Dalton osservò un giorno un trasporto d'acqua salata in Inghilterra fino a più di 20 leghe dal mare.

perficie del mare sotto i tropici, trasportano il vapore acqueo fino alle calme equatoriali, ov'essi inalzansi, raggiungono le fredde altitudini e se ne ritornano verso i paesi temperati, gravidi d'umidità. Nell'elevarsi attraverso l'atmosfera delle regioni equatoriali, essi lasciano si condensi parte del loro vapore, e siccome questo fatto accade tutti i giorni, v'ha quivi una zona costante di nubi e di pioggie. È l'anello di nubi (*cluod-ring* de' marinaî inglesi, o il *vaso del nero* de' marinaî francesi). Lo stesso fatto riproducesi nel pianeta Giove, del quale distinguonsi sì chiaramente le fascie equatoriali, a malgrado dei 200 milioni di leghe che ce ne separano.

Le nubi oceaniche, venute dal S. O., disseminano l'acqua sul loro cammino a norma dell'altezza e della temperatura loro, degli strati di nembi più o meno densi e più o meno freddi che le dominano, secondo i venti causali che vengono ad influenzarli, e la configurazione del suolo che ne modifica il corso. A condizioni uguali, nondimeno la proporzione delle pioggie decresce dall'equatore ai poli (figura 187),

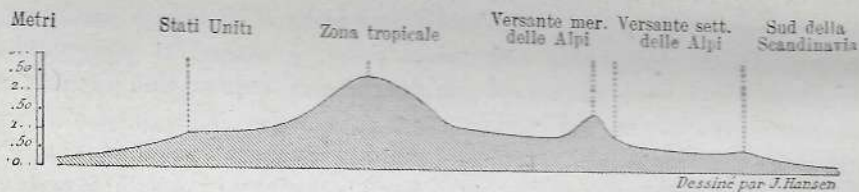



Fig. 187. — Diminuzione delle pioggie, dai tropici ai poli

poichè da un lato l'evaporazione avviene quasi per intero sulle calde latitudini, e dall'altro la quantità di vapore che l'aria può sciogliere aumenta rapidamente col grado termometrico. Così, a mo' d'esempio, cadono più di due metri (in altezza) di pioggia all'anno alla Gujana, a Panama, mentre non ne cadono 20 centimetri ad Arcangelo.

Una seconda legge è stata osservata nella proporzione delle pioggie: è la loro diminuzione secondo la distanza del mare, misurata sulla direzione dei venti dominanti. È facile comprendere che non potendo più le nubi riformarsi nell' interno dei continenti, divengono altrettanto più rare, e meno pioggia danno quanto più si è lontani dalle coste dell'Oceano (fig. 188). L'evaporazione prodotta sui fiumi, sui laghi, sulle paludi, sulle pianure umide, dà bensì origine alle nubi, ma è questa una fonte insignificante di pioggia in confronto a quella dell'Oceano. E però cade 1^m,24 di pioggia a Bajona, 1^m,20 a Gibilterra, 1^m,30 a Nantes, soltanto 42 cm. a Francoforte, 45 a Pietroburgo, 45 a Vienna. In Siberia non ne cade 20 cm., e meno ancora verso levante. — Vediamo ad Algeri una media di 200 mm. d'acqua, ed una media di 100 mm. ad Orano ed a Mostaganem. Per poco che si scenda verso il sud, la misura

di pioggia diminuisce con rapidità, e Diskra, sui confini del deserto, non riceve più di 5 millimetri d'acqua, quantità di nessun conto.

Una terza legge si rivelò del pari dal confronto d'un grandissimo numero d'osservazioni. Il rilievo del suolo reca una variazione nei due elementi di distribuzione dianzi considerati, fig. 189. Se una massa d'aria satura di umidità, uno strato di nubi, incontra una catena di montagne, questa prominenza lo arresterà in parte. Ma le nubi non si fermeranno a lungo. Le correnti d'aria che si elevano sui fianchi delle montagne le alzeranno nello stesso tempo; esse si raffredderanno in ragione di un grado per 120, 150, 200 metri, secondo la stagione e la

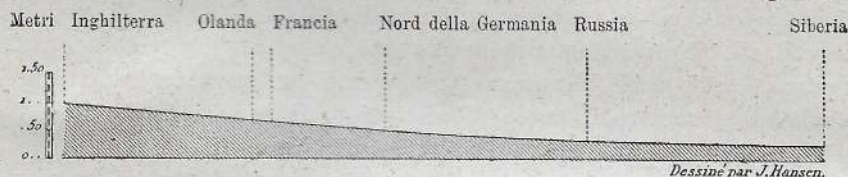



Fig. 188. — Diminuzione delle pioggie, a norma della lontananza dell'Oceano.

temperatura, subiranno una condensazione progressiva, di maniera che quand'esse giungeranno alle vette della catena e potranno passare al disopra, buona parte della loro acqua sarà caduta e finirà di cadere su quelle creste. Il rallentamento dell'aria le spoglia pure della loro acqua, un po' come il rallentamento d'un corso d'acqua favorisce la caduta dei depositi ch'esso tiene sospesi. Cade quindi più acqua in un paese irto di montagne, che non ne cadrebbe su queste se non esistessero e se le

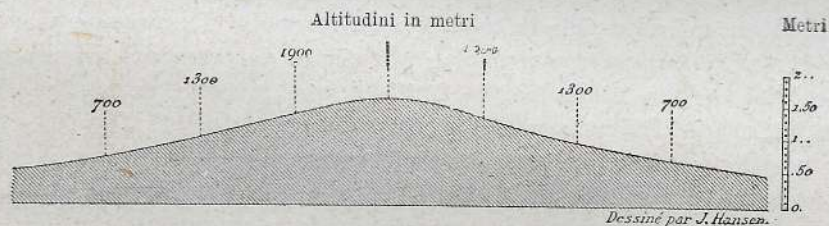



Fig. 189. — Aumento delle pioggie, a norma del rilievo del suolo.

nubi galleggiassero senza ostacolo sopra immense pianure; similmente piove più sul versante di contro al vento marino che sul versante opposto. Ond'è che le nubi, le quali passando su Lisbona non vi lasciano se non 70 centimetri d'acqua all'anno, sono tosto arrestate dalle montagne dalle fredde cime di Portogallo e di Spagna, e versano tre metri d'acqua a Coimbra. — Le nubi che passano allo zenit di Parigi ci versano ogni anno 50 centimetri d'acqua; mano mano che l'altitudine cresce, vedesi aumentare la quantità di pioggia; così, senza uscire dal bacino della Senna, vediamo un metro d'acqua pluviale sull'altipiano di Langres, e $1^m,80$ alla stazione superiore di Morvan, ai Settons (Nièvre). A

Ginevra, al piede delle Alpi, la quantità annuale di pioggia è di 825 millimetri; ed al colle del gran San Bernardo è di 2 metri.

Vi sono regioni in cui tali condizioni sono sì ben riunite, che le pioggie vi si fermano come attirate in modo permanente. Pertanto l'alta catena dell' Himalaya arresta le nubi provenienti dall' immensa evaporazione dell'oceano Indiano. A Cherra-Ponjee, situato sui monti Garrows, a 1300 metri d' altezza, al sud della valle di Brahmputra, la quantità d' acqua versata dalle nubi è di 14^m,80! Queste regioni montuose e vicine al tropico sono probabilmente quelle del massimo di pioggia sulla terra; sono i grandi serbatoî dei fiumi asiatici. Negli stessi pendii inferiori dell' Himalaya, sul versante occidentale dei Ghâtes si sono constatati 7 ,67 di altezza media di pioggia, dopo un periodo di quattordici anni. Nelle dette montagne si è veduto un acquazzone di quattro ore soltanto ricoprire il suolo di uno strato liquido valutato di 76 centimetri, più di quanto riceva Parigi in un anno. In nessun luogo, al certo, nelle regioni della zona torrida, la precipitazione delle pioggie è favorita in modo sì notevole. Le Antille non hanno larghezza sufficiente per impedire ai venti ed alle nubi di piegare a destra ed a sinistra, ma nondimeno alcune regioni ricevono 10 metri d' acqua all'anno. Nelle Indie, l' imbuto del golfo d' Uraba, ne riceve ancora di più. Nel golfo del Messico vedonsi le pioggie d' estate, quasi uniche, dare più di 4 metri d' acqua alla Vera Cruz. Allontanandoci dalle regioni tropicali, non troviamo più curiosi massimi di pioggia, se non sulle catene di montagne che, situate attraverso la corrente generale, l' obbligano a rizzarsi e la fermano; tale è, per esempio, l' effetto prodotto dalle Alpi scandinave, che separano la Svezia e la Norvegia. Il versante occidentale di questa catena riceve molto più acqua del versante orientale; a Bergen ne cadono annualmente 2^m,65, e cioè più che in nessun' altra città d' Europa. Infine parecchi punti sono specialmente favoriti dalla loro posizione marittima aperta alla corrente del S. O., come Nantes, per esempio, che riceve in media 1^m,29 d' acqua pluviale all' anno.

Col riunire e confrontare le osservazioni fatte su grandissimo numero di punti disseminati sulla superficie del globo, si sono potute constatare le tre influenze testè passate in rivista, segnare sul planisfero le altezze d' acqua osservate, e tracciare la carta delle pioggie sul globo intiero. Vedesi da questa carta che la più intensa precipitazione di vapore acquoso producesi al nord dell' equatore, nell' Atlantico, da ogni parte di questa stessa linea nel Pacifico, ed all' est dell' America. In queste stesse regioni, il massimo, l' altezza di pioggia superiore a due metri, si manifesta, in Asia, nelle isole di Borneo, Sumatra, Giava, lungo le montagne del Camboge, dell' Himalaya, delle Ghâtes della costa occidentale del triangolo indiano; — in Africa, lungo gli altipiani della costa orientale; — nell' Atlantico, fra la Guinea e la Guiana;

— nell'America del Sud, sulle Ande del Chilì, al capo Horn, e in cima, sopra il Perù, che all' opposto è un paese senza pioggia. Infine la catena di montagne che costeggia l' America del Nord all' est, a 50 e 60 gradi di longitudine, mostra ugualmente un massimo di oltre 2 metri di pioggia annuale.

Le regioni senza pioggia estendonsi lungo il Sahara, l'Egitto, l'Arabia e la Persia, per andare fino alla Mongolia ed anche alla Siberia, eccettuata la regione dell' Asia centrale su cui i monsoni e le pioggie d'inverno versano un po' di pioggia.

Se consideriamo l'Europa in particolare, notiamo pioggie relativamente abbondanti, da 1 a 2 metri, nelle zone marittime del Portogallo, di Bretagna, d' Irlanda e di Svezia. La proporzione delle pioggie diminuisce gradatamente dall' ovest all' est, con zone di condensazione prodotte dai rilievi del suolo. Vi hanno regioni ove le pioggie sono rarissime, come per esempio in Grecia; il clima dell' Attica è asciutto, il cielo limpidissimo; l' aria è sempre stata ritenuta per la più pura della Grecia, e lo è ancor oggi; una carta ha potuto essere esposta all' aria tutta la notte dal signor Lusieri, la cui casa era sull'area dell' antico Pritaneo, e l' indomani mattina vi si poteva scriver sopra benissimo. Anzi attribuiscesi a sì grande asciuttezza dell'aria la sorprendente conservazione dei monumenti ateniesi.

L' emisfero boreale riceve una proporzione di pioggie più considerevole dell' emisfero australe, circa un quarto di più. Questo sovrappiù di pioggia va ascritto specialmente alla zona equatoriale boreale delle pioggie e dei monsoni. Nondimeno il nostro emisfero possiede maggior estensione di terra ferma dell'altro, e l'evaporazione operasi sovra scala molto più grande nell' emisfero australe, quasi interamente occupato dall' oceano. Così le nostre nubi, le pioggie, le riviere e i fiumi sono in gran parte alimentati dall' oceano dell' emisfero dei nostri antipodi,

Siccome la distribuzione delle pioggie ha per doppia causa le variazioni di temperatura e i venti regnanti, comprendesi come secondo i paesi essa sia più o meno abbondante a norma delle stagioni. È quanto ha constatato l' osservazione.

Le contrade le quali hanno ciò che chiamasi *stagione di pioggie,* son quelle situate fra i tropici, e dove il sole, due volte l' anno, passa a perpendicolo sulla testa degli abitanti, cagionando in tali giorni un eccesso di calore che, naturalmente, deve aver per effetto un' energica rarefazione degli strati che posano sul suolo, l' elevatezza di tali strati divenuti troppo leggieri per reggere i superiori, e infine il raffreddamento e la pioggia che sempre tengono dietro a tali effetti. È impossibile il farsi un' idea della massa d' acqua che versano le stagioni di pioggie nei bacini delle Amazzoni e dell' Orenoco. Dopo gli straripamenti di questi fiumi e de' loro affluenti, a più diecine di metri d'al-

tezza, tutta una contrada vasta come l' Europa diventa, letteralmente, un mare d' acqua dolce, il cui sbocco nell' Oceano lo *dissala* a gran distanza dalle coste, e a petto del quale gl' immensi laghi dell' America settentrionale non sono che piccoli stagni. In questa grande mostra di forze fisiche, dove la natura superiore irresistibile ne' suoi atti richiede la sollecitudine dell'uomo la cui esistenza è minacciata, la scienza d'osservazione progredisce per forza, e i migliori fisici sono gli stessi abitanti, la cui conservazione dipende dalla conoscenza delle vicissitudini delle stagioni.

Così, agli Stati Uniti, sull'Atlantico, dal 24mo e fino oltre il 40mo grado di latitudine, in Ispagna, nel Sud della Francia, in Italia, in Grecia, in Turchia, in Asia, in China, al Giappone, nel Pacifico, sotto le stesse latitudini, le pioggie cadono quasi intieramente d'inverno, senza contare le regioni dei monsoni periodici; e, per certi paesi meridionali, passano mesi intieri in estate senza che una nube appaja nel cielo. Lo

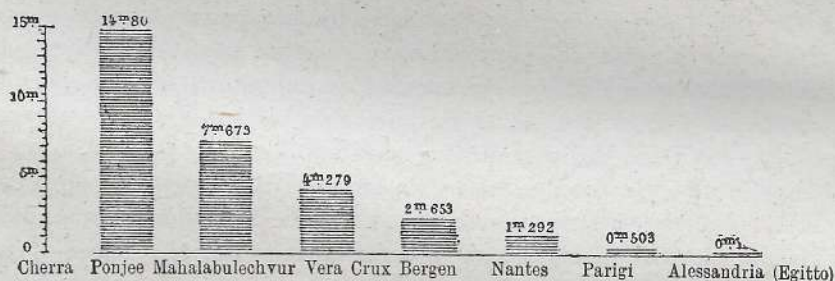



Fig. 190. — Altezza di pioggie comparate.

stesso dicasi fra il 25mo e il 40mo grado di latitudine australe, a Buenos Aires, al Capo, a Melbourne.

Sovra una zona che estendesi dal 12mo al 25mo grado di latitudine meridionale, su quasi tutto il globo, le pioggie cadono in estate.

Sovra una zona che estendesi dal 40mo al 60mo grado di latitudine settentrionale e che prolungasi anzi fino al 75mo di là dell'Islanda e della Svezia, per restringersi in Asia, le pioggie cadono in ogni stagione. Pure, nelle nostre sì variabili contrade, vi sono ancora proporzioni designate per ogni particolare stagione. E però, se consideriamo la Francia specialmente, vediamo che si può dividere in due parti. La regione occidentale ha il proprio massimo di pioggia in estate ed il suo minimo in inverno. L' Inghilterra è nel primo caso. La Germania nel secondo, e sotto forma ancor meglio distinta. Il medesimo dicasi della Russia.

Abbiamo menzionato la quantità di pioggia annuale, 2^{m},25, che cade a Bergen, in Norvegia. Questa città, in tale rapporto, costituisce una eccezione sorprendente nella meteorologia del globo; quivi, più che in

utta Europa, è abbondante la pioggia. Essa è situata in mezzo ad una uga baja, esposta al soffio dei venti d' ovest, che sono arrestati da montagne, per forma che l' acqua, secondo l' osservazione di Kaëmtz, ne e, a così dire, spremuta meccanicamente.

D' altra parte sarà possibile formarsi un più esatto concetto del fenomeno della caduta e dell' abbondanza delle pioggie dal seguente quadro,

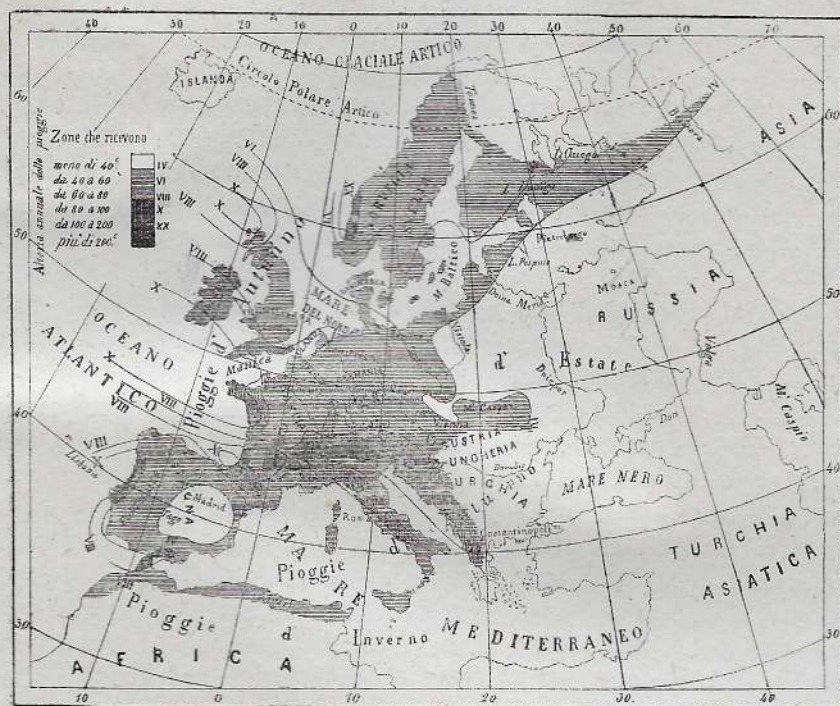



Fig. 191. — Proporzione delle pioggie in Europa.

redatto pei punti d' Europa dove gli anni d' osservazioni sono in maggior numero.

QUANTITÀ DI PIOGGIA IN EUROPA PER OGNI STAGIONE.

LUOGHI	Inverno	Primav	Estate	Autunno	Nell'anno	Numero d'anni d'osserv.	Alt.	Lat.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.		metri	gradi
Breslavia	55,7	77,3	139,8	80,0	352,8	56	140	51°,6
Atene	134,3	81,4	24,2	142,3	382,2	12	95	37 58
Praga	56,7	94,0	158,9	79,0	388,6	52	191	50 5
Upsala.	67,6	74,8	140,9	113,8	397,2	102	—	59 52
Vienna	82,5	98,3	164,4	101,4	446,6	15	156	48 13
Pietroburgo. . . .	74.5	73,4	171,1	129,7	448.7	16	—	59 56

LUOGHI	Inverno	Primav.	Estate	Autunno	Nell'anno	Numero d'anni d'osserv.	Alt.	Lat.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.		metri	gradi
Londra	102,1	96,3	143,1	147,7	489,2	62	—	51°,31
Parigi (Ter. dell'Oss.)	104,8	118,0	137,1	142,2	502,1	140	87	48 50
Berlino	112,2	110,4	181,2	117,4	521,3	12	39	52 34
Stoccolma	77,1	83,5	192,5	168,9	522,0	36	41	59 21
Palermo	212,8	130,6	32,5	203,8	579,7	24	—	38 8
Copenaghen . . .	125,8	116,3	180,8	161,0	583,9	42	—	55 41
Abo	119,5	96,6	184,0	199,9	602,0	48	—	60 27
Stoccarda	106,2	144,0	215,5	149,6	615,3	31	248	48 46
Tolosa	130,7	176,6	150,5	168,2	626,0	25	152	43 36
Metz	143,1	144,2	183,1	189,6	660,0	22	—	49 7
Digione	145,3	156,3	178,2	216,6	696,4	30	—	47 19
Edimburgo	147,8	126,1	169,6	188,6	632,1	27	88	55 57
Bruxelles	163,1	156,6	211,0	193,1	723,7	21	—	50 51
Nancy	176,5	183,8	213,5	177,3	751,2	9	—	48 41
Rouen	194,1	173,0	181,2	226,2	774,5	26	58	49 26
Gand	166,2	164,7	242,0	214,2	777,1	16	11	51 3
Dublino	172,5	149,4	205,3	212,5	739,7	16	—	53 23
Roma	236,6	185,2	86,9	276,7	785,4	40	53	51 51
Ginevra	132,6	182,3	228,0	278,4	821,3	29	396	46 12
Montpellier	232.6	183,7	105,4	300,9	822,6	26	—	43 36
Padova	178,4	187,9	227,7	268,5	862,5	48	—	45 24
Manchester	206,5	174,6	250,8	270,2	902,1	47	47	53 29
Firenze	258,0	217,6	133,7	321,9	931,2	16	64	43 47
Torino	140,8	287,5	284,5	242,0	954,8	15	279	45 4
Milano	206,7	230,4	233,1	298,3	567,5	68	146	45 28
Losanna	154,7	204,6	378,3	283,8	1021,4	6	507	46 31
Nicolajef	368,0	231,2	628,5	370,8	1598,5	6	—	46 58

Si può giudicare dalla quantità d'acqua caduta nelle città di Breslavia, Atene, Praga, Upsala, quanto poca pioggia danno questi luoghi annualmente, poichè la misura non elevasi neppure a 40 centimetri.

La Neerlandia, il Belgio, la Francia, la Germania, la Polonia danno 50, 60, 70 centimetri. È facile osservare che le quantità scemano allontanandosi dal mare per penetrare nell' interno delle terre. Così, le città del Belgio danno oltre 70 millimetri d' acqua, mentre, a pari latitudine, le città di Germania e quelle che più si avvicinano all' Asia danno quantità minori. Da un' altra parte si può facilmente vedere che, nei diversi luoghi, qualunque sia la loro distanza dal mare, le due stagioni più piovose sono l' estate e l' autunno. L' Inghilterra, sotto questo rapporto,

è in una posizione affatto speciale; essa riceve, come circondata di mari, più acqua assai che non parrebbe indicarlo la sua latitudine.

Tale è l'acqua che cade annualmente alla superficie dell'Europa, fig.191.

Come mai la umana progenie, sì intelligente e progressiva, ha potuto starsene sino ad oggi nell'inerzia, ed acconsentire a trascinarsi penosamente nei bassi fondi dell' oceano aereo? Non avete mai osservato, e ne francherebbe la spesa, quelle tetre giornate di novembre, durante le quali una tenda impenetrabile rimane stesa certamente poche centinaja di metri sulle nostre teste? Il sole non l' attraversa. Invece di luce, abbiamo solo un chiarore grigio, monotono e triste, invece del ridente calore de' raggi solari, abbiamo solo un manto sepolcrale. La luce, l' allegria, la vita sembrano escluse dalla Terra. Il selciato delle vie è sdrucciolevole, l' umido è penetrante, la terra è fangosa, le vie sono sudicie, il giorno non ispunta mai, la nebbia s' abbassa, un immenso coperchio è posto sulla terra, e noi restiamo nella sinistra oscurità delle regioni inferiori!

Oh! quale differenza allorchè penetriamo in questo strato di nubi oscure e lo attraversiamo per librarci nell' atmosfera illuminata e sorridente! Lassù regnano costanti la gioja e la bellezza; è asciutta e trasparente, e, pensando alla turba degli umani, che da migliaja d'anni acconsentono a trascinare come lumache sul suolo sdrucciolevole, attraverso la bruma e l' acre odore della nebbia nera, non si può a meno di far le meraviglie che il genio dell' uomo non si sia ancora acclimato alle serene regioni dell' inalterabile luce.

Se ci raffiguriamo lo spaccato dell' atmosfera durante una pioggia, fig. 192, vediamo la bassa dimora degli uomini crivellata da un acquazzone, messa sossopra dal vento, insudiciata dal fango, tormentata da un ridicolo disordine, mentre al disopra del doppio strato di nubi, l'aerostato librasi nella sua tranquillità luminosa. Ma consideriamo ancora singolarmente lo stato della pioggia in Francia.

Fu talvolta supposta la Francia divisa in cinque regioni climateriche: 1.° il clima sequanio, che occupa il nord ed il nord-ovest, delimitato al sud dalla Loira, da Tours, da Nevers; all' est dai dipartimenti dell' Aube e della Marna. 2° Il clima dei Vosgi, formato dai dipartimenti della Mosa, Mosella, Meurthe, Alta Marna, Vosgi, Ardenne, Alto Reno e Basso Reno. 3.° Il clima del Rodano, il cui confine occidentale è formato dalla catena dell'altipiano di Langres, della Costa d' Oro, del Charolais, del Lionese, delle Cevenne. 4.° Il clima mediterraneo, che comprende le Alte e Basse Alpi, le Alpi marittime, il Varo, le Bocche del Rodano, l'Ardèche, il Gard, l' Hérault, l'Aude e i Pirenei Orientali; in una parola, le rive del Mediterraneo. 5.° Infine, il clima della Gironda, che occupa tutto l' occidente della Francia, dal Morvan e dal Charolais fino all' Oceano ed ai Pirenei.

Se considerasi separatamente la quantità di pioggia annua spettante a queste cinque divisioni, si ha il quadro che segue:

CLIMI	QUANTITÀ annua media	QUANTITÀ RELATIVA				ORDINE delle stagioni per rispetto alla quantità di pioggia.	NUMERO dei giorni di pioggia
		In-verno	Pri-mavera	Estate	Au-tunno		
	mm.						
Vosgi	669	19	23	31	27	E. A. P. I.	137
Sequan	548	21	22	30	27	E. A. P. I.	140
Gironda	586	24	21	22	34	A. I E. P.	130
Rodano	946	20	24	23	33	A. P. E. I.	107
Mediterraneo	651	25	24	11	40	A. I. P. E.	53
	mm.						
Medie	681	22	23	22	33		113

Quindi la misura annua media della pioggia, in Francia, sarebbe rappresentata da uno strato di 68 centimetri. L'autunno ne dà il 33 per 100. Vi sono in media centotredici giorni di pioggia all' anno sul complesso della Francia; ma risultano gravi differenze secondo i paesi, poichè sulle rive del Mediterraneo non se ne contano che cinquantatrè, mentre nel nord ed alla latitudine di Parigi se ne contano centoquaranta. Il numero dei giorni di pioggia non ha alcun rapporto colla quantità d' acqua caduta.

La quantità di pioggia che cade annualmente su due punti vicini appartenenti allo stesso cantone è sovente diversissima. La cagione di tali differenze risiede nel rilievo del suolo, nella esistenza di colline o di valli che dirigono ed accumulano le nubi in punti particolari, i quali sono inondati di pioggia, mentre le località separate dalle prime da colline di 60 o 70 metri di elevazione non ricevono se non una quantità d' acqua insignificante. Queste osservazioni, probabilmente, sono la causa per cui alcune coltivazioni riescono in luoghi speciali, mentre invece danno mediocri risultati in luoghi vicini.

All' agricoltura quindi preme assai sia studiata e conosciuta nelle minime particolarità la distribuzione delle pioggie sulla Francia (fig. 193). In Inghilterra sonvi da 1000 a 1200 pluviometri; in Francia, sopra un territorio più esteso, ve ne sono soltanto 550: ci corre molto dunque prima che in tale argomento siamo al livello de' nostri vicini d' oltre Manica.

La quantità d' acqua che cade in una pioggia misurasi coll' istrumento chiamato *pluviometro* od *udometro*. Questo istrumento consiste sempre essenzialmente in un imbuto destinato a ricevere l' acqua piovana, e in un serbatojo destinato a conservarla fino a che non la si misuri. In alcuni pluviometri l' acqua misurasi di per sè passando in un tubo graduato aderente al serbatojo; in altri un sistema d' altalena fa cadere l' acqua, non appena essa è giunta ad una data quantità, in uno sfiora-

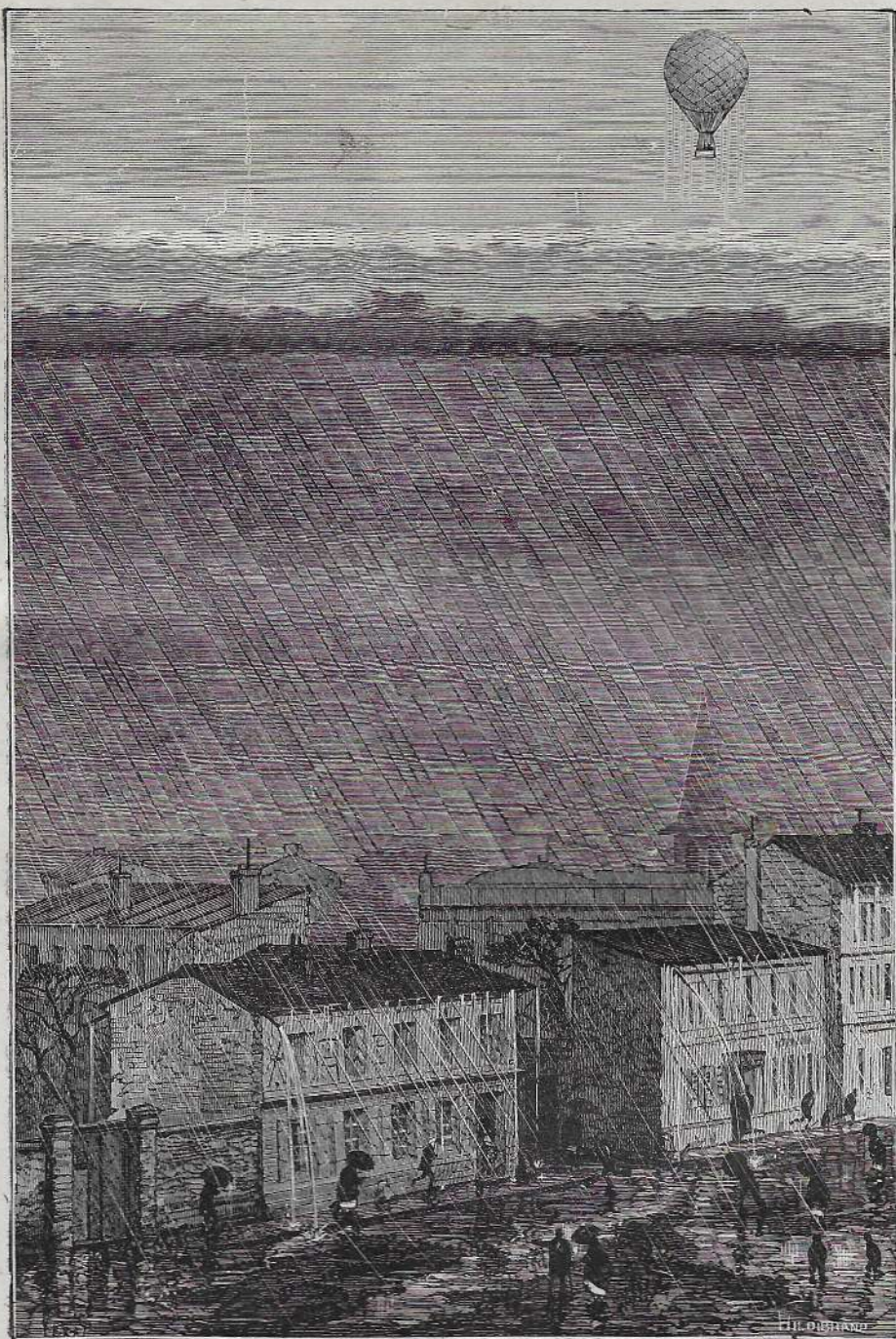



Fig. 192. — Spaccato dell'atmosfera durante una pioggia.

tore laterale, e registra automaticamente la misura d' acqua piovuta. Dei varî sistemi in uso, il più semplice è pur sempre il più pratico e il migliore. L' acqua fermasi sul serbatojo chiuso e senza evaporazione; e quando si vuol misurare la quantità di pioggia caduta, se ne vuota l' acqua in un provino graduato.

La superficie dei pluviometri offre dimensioni svariate. Nel bacino

Fig. 193. — Distribuzione delle pioggie in Francia.

della Senna, il signor Belgrand, a Fatouville, ha operato su apparecchî, il più grande dei quali aveva 25 mq. di superficie, e il piccolo 1 decimetro quadrato soltanto. Quelli di 2 decimetri danno le altezze della pioggia con sufficiente esattezza.

All' Osservatorio di Parigi ve ne sono due: uno sul terrazzo, l' altro in giardino. Hanno 8 decimetri di diametro. Per molto tempo il superiore presentava ogni volta una differenza in meno di 4 o 5 millimetri dall' inferiore, e su questi dati erasi basata una teoria dell' aumento

delle goccie di pioggia durante la caduta. Le differenze dipendevano da correnti inferiori, turbini, risucchî che oggi più non esistono.

Il pluviometro del terrazzo, fig. 194, situato nella piccola costruzione terminata da tetto conico che vedesi verso la sinistra, è di 27 metri sopra il suolo e cioè a 86 metri sopra il livello del mare. Vi è stato

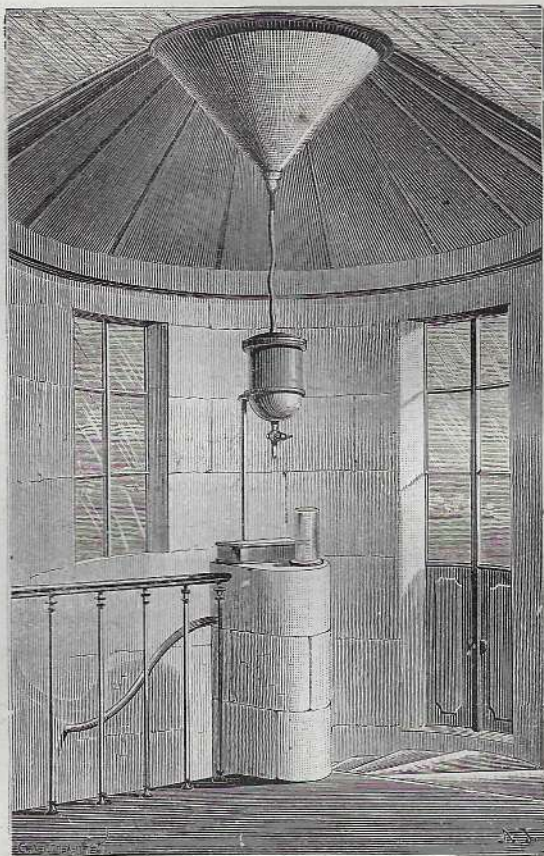



Fig. 194. — Pluviometro della terrazza dell'Osservatorio di Parigi.

stabilito nel 1785, e da quel tempo, ogni anno, ha fornito la quantità d' acqua caduta a Parigi.

Quello della corte vi fu stabilito nel 1817.

Non è solo dalla fine del secolo scorso che misurasi l' acqua piovuta all' Osservatorio di Parigi. Leggesi nella *Storia dell' Accademia* che nel 1690 il re d' Inghilterra, salito sulla terrazza dell' Osservatorio, osservò i pluviometri quadrati ove constatavasi la quantità d'acqua caduta nelle pioggie.

Come abbiamo già veduto, in media piovono 50 centimetri d' acqua all' anno sulla terrazza, distribuita mensualmente come segue:

PROPORZIONE DELLE PIOGGIE IN OGNI MESE
SULLA TERRAZZA DELL'OSSERVATORIO DI PARIGI.

	mm.
Gennajo	33
Febbrajo	30
Marzo	30
Aprile	35
Maggio	52
Giugno	51
Luglio	40
Agosto	45
Settembre	47
Ottobre	48
Novembre	47
Dicembre	41
Media annuale	500

La media mensuale è di 41mm,7
La media diurna è di 1mm,37

Vedesi che un massimo risentito manifestasi ne' rovesci abbondanti di maggio e giugno, poi nelle lunghe giornate piovose di ottobre e novembre. Il minimo è pronunciatissimo in febbrajo e marzo.

La qualità distintiva di un anno, per rispetto ai ricolti ed ai prodotti del suolo, assai meglio dipende dalla divisione delle pioggie nei diversi mesi che dalla loro quantità totale. Così l' anno 1866 è stato il più umido da un secolo ad oggi, poichè caddero 64 centimetri d' acqua nello stesso pluviometro. La cattiva qualità del vino va specialmente attribuita alle pioggie d' agosto (69 mm.) e di settembre (92 mm.). Se, all'opposto, la pioggia manca nei mesi d'aprile e maggio, come nel 1870, i sacrificati sono i foraggi.

CAPITOLO IV.

Le grandi pioggie e le inondazioni.

PIOGGIE FERTILIZZANTI. — PIOGGIE DISTRUTTIVE. — REGIME DEI CORSI D'ACQUA. — FONTI E FONTANE. — LA MAGGIOR QUANTITÀ D'ACQUA CADUTA IN UN ROVESCIO. — GLI ANNI PIOVOSI.

« Il Sole, scriveva Luigi Napoleone Bonaparte prima d'essere al potere, il Sole assorbe i vapori della Terra per distribuirli poi allo stato di pioggia su tutti i luoghi che hanno bisogno d'acqua per essere fecondati e per produrre. Quando tale restituzione avviene regolarmente, ne consegue la fertilità; ma quando il cielo nella sua collera rovescia parzialmente in temporali, in trombe e in tempeste i vapori assorbiti, i germi di produzione sono distrutti, ne risulta la sterilità, poichè esso dà troppo agli uni e non abbastanza agli altri. Nondimeno sia pure stata qualsiasi l'azione benefica o malefica dell'atmosfera, è quasi sempre, ad anno compiuto, *la stessa quantità d'acqua* che è stata presa e restituita. Quindi solo la *distribuzione* fa la differenza: equa e regolare, essa crea l'abbondanza; prodiga e parziale, cagiona la carestia.

« Lo stesso è degli effetti d'una buona o cattiva amministrazione. Se le somme prelevate ogni anno sul comune degli abitanti sono impiegate ad usi improduttivi, come a creare posti inutili, a inalzare sterili monumenti, a mantenere, in tempo di pace profonda, un esercito più dispendioso di quello che vinse ad Austerlitz, l'imposta in tal caso diventa un fardello opprimente; inaridisce il paese, piglia senza restituire; ma se, all'opposto, i mezzi sono adoperati a creare nuovi elementi di produzione, a ristabilire l'equilibrio delle ricchezze, a distruggere la miseria attivando ed ordinando il lavoro, a guarire infine i mali trascinati con sè dalla nostra civiltà, allora certamente l'imposta, come un giorno lo disse alla tribuna un ministro, diventa il miglior impiego. » (*Estinzione del pauperismo*, 1844, cap. 1.°)

Così parlava il candidato al trono di Francia quando era sotto i chiavistelli del forte di Ham. In attesa che una repubblica forte ed intel-

ligente avveri il bel sogno, serbiamo sempre il giudiziosissimo confronto testè citato, ed apprezziamone la realtà senza uscire dal soggetto stesso che l' ha inspirata.

La pioggia infatti, versa il bene ed il male, la fecondità o la sterilità, l' abbondanza o la miseria. Essa corona degnamente il lavoro del coltivatore, oppure lo paga coll' ingratitudine distruggendone le più care speranze.

Non soltanto coll' umidità ch'essa sparge nel suolo la pioggia alimenta i vegetabili; con quella reca una data quantità d' ammoniaca, da cui le piante traggono l' azoto, gas indispensabile alla loro esistenza; essa introduce nella terra vegetale il detrito degli animali e dei vegetabili, che si consumano senza profitto per la vegetazione, nei paesi ove non piove; mentre inumidisce i concimi nascosti nel suolo dal coltivatore, essa ne facilita l' assorbimento alle piante: infine, è probabile che queste si procurino gran parte del loro idrogeno mercè la decomposizione dell' acqua che assorbono.

L' ammoniaca sì volatile, che esiste costantemente nell' atmosfera, viene ricondotta sulla terra vegetale dalle pioggie, e in ispecial modo dalle pioggie di temporale costituenti pur anche un validissimo mezzo d' ingrasso. Un litro d' acqua di pioggia contiene in media 8 decimi di milligrammo d' ammoniaca; quattro volte e mezza più che non ne contenga l' acqua di fiume, e nove volte più dell' acqua di sorgente e di pozzo. La facoltà posseduta dalla terra vegetale di assorbire l' ammoniaca dell' acqua che la penetra, spiega del resto come, in generale, le acque di fonte ne siano prive. Per quanto minime siano, queste quantità di ammoniaca finiscono però coll'essere considerevoli (1). Così, ad esempio, il Reno versa, in media, a Lauterburgo 1106 metri cubi d' acqua al secondo; ogni giorno non vi porta meno di 17 000 chilogrammi d' ammoniaca, cioè più di 6 milioni di chilogrammi all' anno. La neve contiene maggior dose d' ammoniaca dell' acqua piovana, perchè, rimanendo alla superficie del suolo, essa assorbe quella che si sviluppa; quando è caduta da un po' di tempo vi si riscontrano perfino 10 milligrammi ogni litro. La nebbia ne contiene proporzioni ancor più considerevoli, poichè il signor Boussingault ha trovato fin due decigrammi di carbonato ammoniacale in un litro d'acqua proveniente da una densa nebbia odorosa. Per ritornare alla pioggia, è inutile aggiungere che i primi istanti degli acquazzoni sono quelli che restituiscono alla terra la maggior copia di sali volatili, come facilmente lo si indovina, poichè li attingono nell' aria; più la pioggia è lunga e meno essa ne contiene in proporzione.

---

(1) Se valutasi la quantità d'ammoniaca 133 millesimi del peso dell'aria, calcolasi che pesando l'aria da cui è ricoperta ogni *ettara* di terreno 103 329 858 Kg., contiene, pronta ad essere deposta, 137 429 Kg. d' ammoniaca

Così, un mezzo millimetro di altezza d' acqua ha dato in media 2,94 milligrammi d'ammoniaca; un millimetro ne ha dato 1,37; 5 millimetri 0,70; 10 millimetri 0,43; 20 millimetri 0,36 ogni millimetro.

Spieghiamoci il cammino delle acque pluviali alla superficie del suolo. O il terreno è permeabile o è impermeabile. Nel primo caso l' acqua penetra più o meno profondamente e imbeve la terra come spugna. Nel secondo essa penetra appena, bagna solo la superficie e scivola seguendo i pendii, tutto inondando nel suo passaggio. Tuttavia i terreni permeabili non s' imbevono fino a grande profondità, però che molta parte dell' acqua caduta nei fiumi evapora di nuovo o discende obliquamente per scivolar lungo i pendii. Occorre più di un giorno di pioggia continua, dice il signor Rozet, per bagnare a due decimetri il suolo arabile coltivato della Turrena; e dopo le grandi pioggie continuate per più giorni di seguito, il suolo non è bagnato oltre un metro. I serbatoî sotterranei che crivellano la terra di condotti d' acqua simili a vene non provengono dalle acque pluviali che hanno attraversato la terra, bensì da quelle che, cadute sulle roccie, passano tra le fenditure delle pietre senza esserne assorbite.

La costituzione dei corsi d' acqua è ben diversa, secondo che scorrono su terreni permeabili o su terreni impermeabili. La Senna e la Saona, tra gli altri fiumi, hanno un corso tranquillo: le loro acque salgono lente e discendono ancor più lente, perchè i terreni dei loro bacini sono permeabili in quasi tutta la estensione. La Loira, all' incontro, è un fiume essenzialmente torrenziale in tutta la parte superiore, ove i terreni impermeabili per la natura o la posizione loro la vincono sui terreni permeabili. La regione nord-ovest della Francia presenta una omogeneità di clima rimarchevole; il bacino della Senna, in particolare, è sottoposto per intiero alle stesse influenze atmosferiche sotto il rapporto della pioggia. Ne risulta che il livello di tutti i corsi d' acqua sale e s abbassa negli stessi tempi e che, secondo l' espressione del signor Belgrand, si può prevedere la piena d' un ruscello nel Morvan col mezzo di osservazioni fatte per mezzo di un ruscello di Normandia. La Loira, la Saona, la Mosa, la Senna crescono sempre nello stesso tempo durante la stagione umida. Nella stagione asciutta le pioggie sono più locali, e le piene che producono in un bacino possono mancare interamente in un altro.

Per misurare l' altezza delle acque, si usa di mettere alle pile dei ponti scale metriche graduate dal basso all' alto. Il punto di partenza o zero di queste scale si pone, in Francia, al livello delle acque, preso nel tempo delle maggiori siccità conosciute: è ciò che chiamasi massima magra o livello delle più basse acque in estate. Questo punto non è rigorosamente fissato, e, per esempio, non è raro che a Parigi le basse acque scendano al disotto. La massima magra forma la base della scala del ponte della Tournelle; al ponte Reale lo zero è 60 cm. al disopra.

L'altezza media della Senna a Parigi è di 1m,24; tale altezza si eleva in media, in inverno a 2m,01, in primavera a 1m,51, in estate a 0m,65 ed in autunno a 0m,83. (fig. 195). Da un secolo in qua, le più basse acque della Senna sono state quelle del 13 settembre 1803 : 26 centimetri sotto la massima magra. Le più alte sono state quelle del 1802 : 7m,45, e del 1836 : 6m,40. Il suo volume d'acqua è in media di 250 metri cubi al secondo: nella massima magra è ridotto a 75; si è inalzato al 1400 nella maggior piena conosciuta, quella del 1615, all'altezza di 8m,4. Le inondazioni della Senna erano piuttosto frequenti nei secoli scorsi; ma per buona sorte oggi sono più rare, perchè il fiume è molto meglio regolato che un tempo e le macerie che lo ingombravano sono scomparse. I ponti sono più larghi, e mentre una volta i loro stretti archi formavano vere serraglie dopo i geli, oggi lo scoglimento avviene senza pericoli. A questa cagione meccanica se ne aggiunge una meteorologica, ed è che attualmente il nord-ovest della Francia è un po' più asciutto

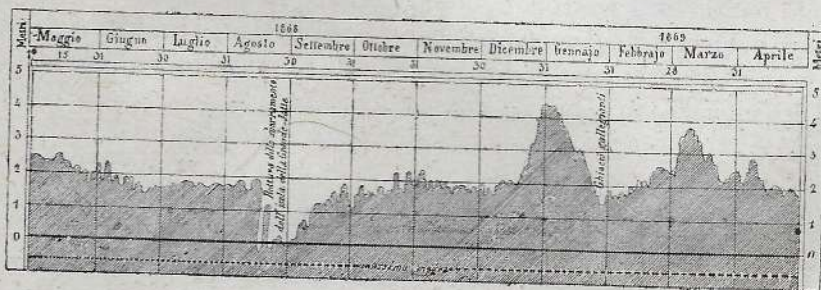



Fig. 195. — Altezza della Senna a Parigi (Point-Royal) in un anno dal 1° maggio 1868 al 30 aprile 1869.

NB. — Le variazioni improvvise si devono alle chiuse di Yonne e di Seine.

che nol fosse ne' secoli precedenti. Dal 1857 al 1866 la Senna è scesa tutti gli anni.

Le inondazioni non hanno mai altra origine che pioggie del cielo troppo prontamente disperse non appena cadute, o gli scioglimenti delle nevi e de' ghiacci quando sono nello stesso tempo abbondantissimi e improvvisi. Siccome l'acqua che cade sul bacino di un fiume è costretta entro esso a versarsi nel mare, lo fa straripare quando oltrepassa il suo letto. Il bacino della Senna, per esempio, misura 44 000 chilometri quadrati di superficie, e riceve annualmente 28 miliardi di metri cubi di pioggia. Se togliesi il 50 % per l'evaporazione, rimangono 14 miliardi di metri cubi che tengono nutriti tutti i corsi d'acqua di questo bacino durante un anno, e il cui scolo sproporzionato cagiona le inondazioni.

Non v'ha chi non creda essere la massa d'acqua che cade in pioggie ogni anno insufficiente ad alimentare i vasti corsi d'acqua che ci offrono i diversi bacini fisici ne' quali è diviso il globo. Ciò nondimeno,

siccome sappiamo per molte località quant'acqua vi cade in un anno, tenendo conto dell'estensione di paese così inaffiata, trovasi più acqua che non ne occorrerebbe per alimentare i fiumi. Del resto l'evaporazione dei terreni inumiditi deve respingere immediatamente nell'atmosfera la maggior parte dell'acqua che cade, e che in generale penetra poco nella terra quando questa non è sabbiosissima o ciottolosa. Tal massa d'acqua, il cui peso matematico confonde l'imaginazione, rimane dunque sempre rimbalzata fra il suolo e le altezze aeree, cadendo di continuo in pioggia per risalire da capo in vapore, con indefinita vicenda.

Ammettiamo, il che resta senza dubbio al disotto della verità, che il complesso delle pioggie annuali su tutta la superficie della Terra formasse intorno al globo uno strato alto 50 centimetri, se da un lato le infiltrazioni, se l'evaporazione dall'altro non asciugassero il suolo a loro volta dopo ogni pioggia, noi troveremmo facilmente pel volume di questo strato col raggio medio del globo uguale a metri 6 362 200 il numero di 63 687 546 691 423 metri cubi d'acqua, ossia, ogni giorno, 175 miliardi di metri cubi che l'evaporazione deve restituire all'atmosfera, da cui, dividendo il numero precedente per 86 400 (il numero di secondi dei quali è composto un giorno), avremmo per la quantità media d'acqua ridotta in vapore, *ogni secondo*, dall'azione calorifica del sole, due milioni e venticinquemila metri cubi, cioè un po' più di due miliardi di litri d'acqua!

Le fonti non sono altro che acque piovane infiltrate nei correnti sabbiosi o permeabili, e arrestati da strati impermeabili di roccia, di creta o d'argilla, sulle quali esse scivolano fino a che non trovano nel pendio un'uscita da cui sgorgare. Per tal ragione le acque dei pozzi trivellati giungono a noi, fra due strati impermeabili, dalla estremità della Sciampagna, a più centinaja di chilometri da Parigi. Si è scritto molto intorno le fonti situate sulla cima di erte colline o montagne, e specialmente sulle tre o quattro sorgenti povere d'acqua che si vedono nella duna di Montmartre. Fatti tutti i calcoli, la quantità di pioggia caduta su questa località, a norma delle indicazioni de' pluviometri, è più che bastante per alimentare sì magre sorgenti, e quivi come altrove si può quasi domandare che avvenga del di più (1).

---

(1) Bernardo Palissy aveva imaginato di formare delle fonti artificiali identiche a quelle della natura. Due ettare nella Francia, e specialmente nei dintorni di Parigi, ricevono presso a poco 10 000 metri cubi d'acqua all'anno, di cui la metà può essere adoperata per la fontana artificiale, cioè circa 5000 metri cubi. Ora ciò che i fontanieri chiamano *pollice d'acqua* è una fonte che provvede largamente ai bisogni di due grossi villaggi, uomini e bestiame. Una fonte che dia *mezzo pollice* d'acqua fornisce all'anno 3650 metri cubi d'acqua (in proporzione di 20 metri cubi al giorno pel pollice d'acqua). È molto meno dei 5000 metri cubi d'acqua piovana che si possono mettere a profitto con due ettare, ammettendo la perdita della metà. Ci vorrebbe dunque meno assai di due ettare preparate per ottenere infallibilmente una bella ed utile fontana.

A tale scopo, dice Babinet, scegliete un terreno di un'ettara e mezzo, il cui suolo sia sabbioso come i boschi che circondano Parigi, e che offrono un leggiero pendio verso una parte qualunque

Le piene straordinarie, gli straripamenti e le inondazioni provengono dal regime della pioggia sulle diverse regioni del bacino. Le pioggie possono essere lunghe ed abbondanti e produrre solo una piena ordinaria: la loro divisione le regola. Se la Yonne, la Marna, l'Aube, l'Armançon, il Serein, il Cousin, il Loing ricevono nello stesso tempo un sovrappiù di pioggia e recano nello stesso tempo alla Senna già ingrossata il loro contingente triplicato, lo sfogo del fiume a Parigi subirà un aumento eccezionale, quantunque gli accrescimenti de' corsi d'acqua non abbiano nulla d'eccezionale separatamente. Così la maggior piena della Senna nel nostro secolo è quella dell'inverno 1801-1802, cominciata il 15 ottobre per finire il 19 gennajo: 96 giorni. Riproduco la carta (fig. 196) del bel lavoro del signor Belgrand, sulla *Senna*. È da notarsi che essa non proviene da alcun fenomeno meteorico straordinario, ma semplicemente dalla successione, a brevi intervalli, delle piene di quindici affluenti, piene che sonosi succedute ancora in tre volte, come vedesi, e che, se si fossero verificate nello stesso tempo, avrebbero potuto far salire la Senna a 15 o 20 metri invece di $7^{m},45$.

Se, in un altro esempio, studiamo una piena avvenuta in settembre del 1866 negli affluenti della Senna e della Yonne, vediamo che sì enorme straripamento, il quale ha cagionato disastri incalcolabili nella valle della Loira, mentre fu mediocre a Parigi, è stato prodotto da una pioggia torrenziale di 30 ore sulle parti alte del bacino della Senna; caddero da 81 a 181 millimetri d'acqua nell'alta Yonne, e soltanto da 44 a 86 nel bacino della Marna e della Senna a monte di Parigi.

Le grandi inondazioni del 1856, che ancora si ricordano con ispavento e che hanno sparso la morte e la ruina sui due ricchi e immensi bacini della Loira e del Rodano, sono state cagionate dall'abbondanza delle pioggie scorrenti sui loro terreni impermeabili. Il Rodano e la Saona hanno costituzioni affatto diverse. La Saona, lenta, vede variare il suo livello mensuale colle stagioni, scendere da $2^{m},29$ (gennajo) a $0^{m},53$ (agosto), mentre il Rodano, rapido e costante, non varia, appunto a

---

per fornire uno scolo alle acque. Fate in tutta la sua lunghezza e ben alta una trincea profonda di 1,50 o 2 metri e larga 2 metri. Appianate il fondo di questa trincea e rendetela impermeabile col selciato, col *macadam*, col bitume, o, mezzo più semplice e meno costoso, con uno strato di terra creta, sostanza comune nei dintorni di Parigi. A fianco di questa trincea fatene un'altra simile, della quale rigetterete la terra per colmare la prima, e così di seguito finchè abbiate, a così dire, reso tutto il sottosuolo del vostro terreno impermeabile all'acqua di pioggia. Piantatelo tutto d'alberi fruttiferi e specialmente d'alberi di basso fusto, che ombreggino il terreno sabbioso e fermino le correnti d'aria che tendessero a riassorbire la pioggia; infine praticate nella parte più bassa del terreno una specie di muro o contrafforte di pietra con un'uscita nel mezzo. Avrete infallibilmente una buona e bella sorgente, che scorrerà senza intermittenze e basterà ai bisogni d'un villaggio intiero o d'un vasto castello.

Ciò che lo spiritoso accademico proponeva nel 1775, un abilissimo costruttore lo mandò ad effetto in questi ultimi anni a Sèvres, ove ho veduto un'ingegnosa sorgente artificiale preferibile alle naturali, a motivo della preparazione dei terreni, e che forniva acqua a norma del bisogno mediante una chiave.

Lione ove pigliamo questi dati, che da 1^m,44 (settembre) a 0^m,85 (gennajo) dov'è più basso. Quantunque la maggior altezza la raggiunga d'estate, i suoi straripamenti accadono piuttosto, sotto l'influenza della Saona, da novembre a maggio. È difficile opporre a tali inondazioni dighe efficaci. La Loira, che un tempo misurava 3500 metri di larghezza dinanzi ad Orléans, è stata ridotta dalle sue dighe ad un letto di 280 metri; a Jargeau è larga solo 250 metri, appunto dove aveva per espandersi dai lati uno spazio di 7000 metri. E però, nel 1856, essa si

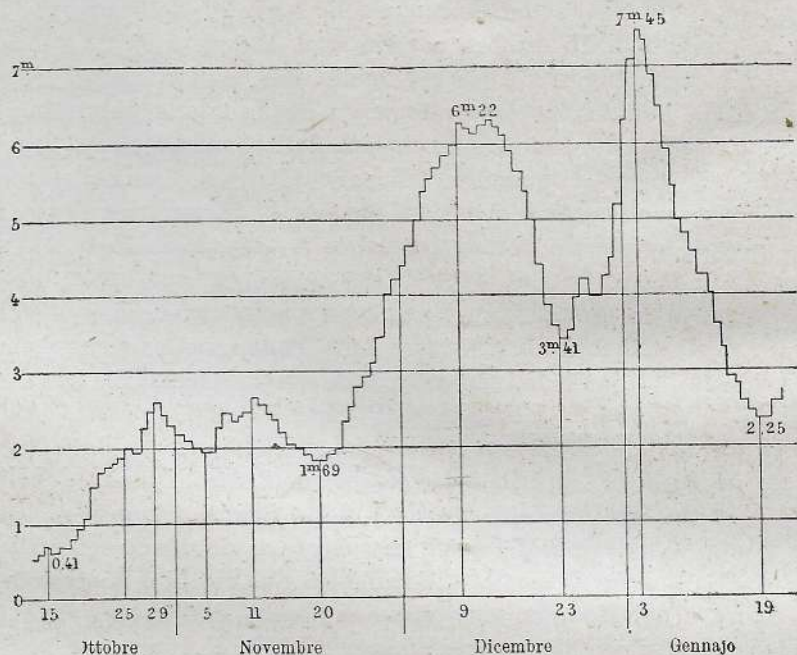



Fig. 196. — Curva di una gran piena della Senna. Inverno 1801-1802.

aperse 73 breccie: non appena l'altezza della piena è oltre i 5 metri, i crepacci diventano inevitabili.

Le inondazioni del Rodano avvennero sullo scorcio di maggio. Una inusata abbondanza di pioggie nel detto mese aveva prodotto, verso il 20, una piena generale in tutta la Francia, piena ch'era soltanto il preludio degli straripamenti che dovevano allagare specialmente il mezzodì, le rive del Rodano colla Loira. Il 31, a Lione, il Rodano somigliava ad un torrente impetuoso, e le parti basse della città erano inondate; l'acqua saliva in certi punti fino al primo piano delle case, e vedevansi degli scoscendimenti. In breve tutto il quartiere della Guillotière fu invaso; Charpentes, Vaux, Villeurbaine sembravano destinati a un inghiottimento finale. Durante due giorni e due notti le case crollarono le une

dopo le altre, abbandonando le macerie agl' impetuosi flutti. Nell'ora della rottura della diga, gli abitanti, uomini, donne, vecchî, fanciulli, erano immersi nel sonno. Per la maggior parte furono trascinati dalle acque prima d'aver il tempo di misurare tutto il pericolo, e a malgrado di tutti i soccorsi, disposti colla prontezza voluta dalle circostanze, molti non si rinvennero più. La piena del Rodano è stata tale da oltrepassare di 1^{m},50 quelle del 1840, che già avevano cagionati tanti disastri.

Abitazioni, piantagioni, strade, vie ferrate, tutto fu distrutto o gettato sossopra in due giorni da sì spaventevoli straripamenti. Contavansi quasi 200 milioni di perdite materiali nella valle del Rodano, e non meno in quella della Loira. Quasi tutti i fiumi e le riviere del mezzodì della Francia sono stati ingrossati dalle pioggie torrenziali che non hanno cessato per parecchî giorni, ma nessuna piena ha raggiunto sì considerevoli proporzioni come quella del Rodano e de' suoi affluenti.

A Colmar, dal 27 aprile alla fine di maggio, caddero 19 cm. d'acqua, il terzo d'un'annata. A Versailles, la pioggia del mese di maggio, stata di 55^{mm} nel 1853, di 71 nel 1854 e di 84 nel 1855, si elevò a 148. In 29 ore, i giorni 30 e 31, la pioggia continua diede 60^{mm}.

Pochi giorni innanzi queste pioggie diluviane, erasi osservato che la massa dei cirri veniva dal sud-ovest colla inusata velocità di 100 chilometri all'ora. Dichiaratosi il vento di settentrione ne risultarono pioggie fenomenali.

Gli anni più piovosi di questo secolo sono stati i seguenti. Le quantità d'acqua qui indicate sono quelle del pluviometro del terrazzo dell'Osservatorio, e l'anno meteorologico è contato dal 1° dicembre al 30 novembre:

1824	60$^{cm.}$	1856 (aprile, maggio, giugno = 35)	55$^{cm.}$
1828	62	1860	66
1845	61	1866	64
1849	59		

Gli anni più asciutti sono stati:

1820	43$^{cm.}$	1842	40$^{cm.}$
1823	42	1855	35
1826	40	1863	43
1833	44	1870	42

Le pioggie del 1866 sono penetrate fin nelle cantine di Parigi, che hanno sofferto inondazioni parziali inattese in gennajo e febbrajo 1867. Le nuove case, specialmente dei boulevards Sebastopoli, Malesherbes, Haussmann, della via La Fayette, ecc., che hanno cantine doppie, hanno subìto i peggiori casi di questa inondazione sotterranea, perchè gli ar-

chitetti, ingannati senza dubbio dal livello bassissimo dei pozzi, dal 1857 al 1865 hanno stabilito il fondo delle cantine quasi a questo stesso livello. Le pioggie del 1866 lo rialzarono 75 centimetri e più! Sulla sponda sinistra, le sommersioni sotterranee dipendettero da altra cagione: dalla respinta diretta ed immediata dello strato sotterraneo per effetto della Senna.

Le pioggie diluviane osservansi specialmente fra i tropici. Sulle sponde del Rio Negro cadono quasi tutti i giorni pioggie di 6 ore e di 50 millimetri d'acqua. A Bombay si constatò che la terra aveva ricevuto in un giorno 108 millimetri di pioggia. A Cajenna, l'ammiraglio Roussin ha trovato che la quantità d'acqua raccolta dalle 8 pom. fino alle 6 ant. era di 277 millimetri.

Hooker cita un luogo dell'Himalaya, dove un diluvio di 4 ore, simile al crollo di una tromba, coperse il suolo di uno strato liquido valutato 76 centimetri.

Il 21 ottobre 1817, piovvero all'isola di Granata 20 centimetri d'acqua nel breve spazio di 21 ore. I fiumi si alzarono 9 metri sopra il loro livello comune.

Ecco i più importanti rovescî di pioggia constatati nei nostri climi:

Le inondazioni hanno cagionato nel 1827 gravi danni nel mezzodì della Francia. Di rado fu veduta una serie sì straordinaria di pioggie come in tale anno, nell'intera Europa. Il 20 maggio piovvero a Ginevra 16 centimetri d'acqua nel breve intervallo di 3 ore. Nello stesso anno, 1827, caddero a Montpellier, in 5 giorni, dal 23 al 27 settembre inclusi, 45 centimetri d'acqua Dal 24 al 26, in due volte 24 ore, la pioggia raccolta presso la stessa città, in una manifattura di prodotti chimici, si è inalzata a 32 centimetri. A Joyeuse, in un giorno, il 9 ottobre dello stesso anno, caddero 79 centimetri d'acqua.

Valz ha osservato a Marsiglia, il 21 settembre 1839, un violento temporale che produsse l'acquazzone più abbondante che mai fosse stato veduto; caddero 40 millimetri d'acqua in 25 minuti. La Cannebière, via larga 30 metri, coll'inclinazione di 13 millimetri al metro, fu interamente sommersa per 5 minuti; l'acqua vi si era alzata a 45 centimetri al disopra del marciapiede.

Nel bacino della Saona havvi una cittadella chiamata Cuisseau, ove piove sempre più che in alcun altro punto della stessa valle. Così immediatamente prima delle terribili inondazioni del 1841, vi piovvero 27 centimetri d'acqua in 68 ore. Nello stesso intervallo ne eran caduti soli 15 a Oullins, presso Lione.

Ho veduto cadere, narrava F. Petit, direttore dell'Osservatorio di Tolosa, durante un temporale a Tolosa, il 19 settembre 1844, 35 millimetri d'acqua in mezz'ora, ossia un millimetro circa ogni minuto. Pei nostri climi è la pioggia più abbondante che si conosca. Posso

citare, parimenti per Tolosa, le pioggie del 23 aprile 1841 e del 25 marzo 1844, che fornirono in 3 ore, l'una 38, l'altra 40 millimetri di acqua; quella dell' 8 giugno 1848, che diede 49 millimetri in 5 ore; del 6 settembre 1848, 19 millimetri in 30 minuti; del 10 agosto 1854, 21 millimetri in tre quarti d'ora; del 10 agosto 1859, 52 millimetri in due temporali successivi di 40 minuti ciascuno circa, ecc.

Nella notte dal 5 al 6 agosto 1857, un rovescio che inondò la città di Tolosa diede al pluviometro dell'Osservatorio 70 millimetri d'acqua. Petit faceva osservare in proposito che sono caduti 11 200 000 ettolitri sulla città, pari in superficie ad una lega quadrata. Sono 7000 ettolitri ogni ettara, quantità sufficiente per raffreddare il suolo e favorire quindi nuove pioggie. Dopo lunghi giorni di siccità e di caldura, le nubi venute dal mare devono essere disciolte dall'irradiamento calorifico del suolo, e tanto più difficile è la loro precipitazione allo stato di pioggia quanto più considerevole è stato il calore. Dopo un primo raffreddamento, all'opposto, le nubi si risolvono più facilmente. La siccità favorisce la siccità, e la pioggia chiama la pioggia.

Una pioggia torrenziale durata 12 ore, il 20 settembre 1846, cadde a Privas (Ardèche) e nei dintorni sovra una grande estensione; furono 25 centimetri d'acqua. Tutti i fiumi strariparono, fecero gravissimi danni e intercettarono le comunicazioni.

Da ultimo, il 27 luglio 1872, il temporale versò, su questo stesso quartiere di Parigi, una quantità d'acqua che inondò molte cantine. Vi furono allo stesso pluviometro 33 millimetri d'acqua, e il temporale era durato per tre quarti d'ora violentissimo.

Uno fra i maggiori acquazzoni registrati dal pluviometro dell'Osservatorio di Parigi è quello del 9 settembre 1865, che durò mezz'ora e diede 52 millimetri d'acqua.

Durante le inondazioni del settembre 1868, si sono misurati, sul San Bernardino (Alpi italiane), 25 centimetri di pioggia in 24 ore.

In argomento di rovescî prodigiosi di pioggia o d'inondazioni improvvise, si può osservare, tra le altre, quella del 4 giugno 1839 nel Belgio.

La pioggia cominciò prima di mezzodì, e fino verso sera non offrì nulla di speciale. Il temporale dichiarossi con intensità dopo 8 ore; la pioggia era scacciata con forza da un violentissimo vento, la cui spinta proveniente dal nord più tardi passò verso l' ovest. Per più di 3 ore la pioggia cadde con abbondanza quasi senza esempio nei nostri climi. In alcuni luoghi i raccolti furono distrutti, le campagne inondate. Nel giardino dell'Osservatorio, parecchî alberi sono stati sradicati, tre pioppi atterrati; lungo i *boulevards* si è trovato all' indomani un gran numero d' uccelli morti o siffattamente abbattuti dalla pioggia e dalla fatica, che i passeggieri potevano raccoglierli. Le comunicazioni della ferrovia furono interrotte in più parti; molto bestiame fu distrutto in-

sieme alle stalle; ma il disastro più deplorevole fu al certo quello del casale di Borght, presso Vilvorde, che rimase quasi totalmente sommerso con più di 140 abitanti, morti sotto le macerie o travolti dalle acque. Il temporale si scatenò con maggior violenza in tutta l'estensione della valle Woluwe e delle parti di Berthein, dove si lamentò la perdita di undici persone.

La quantità d'acqua caduta in queste diverse località dev'essere stata considerevole, poichè a Bruxelles, discosta alcune leghe dal teatro di sì grandi devastazioni, la quantità d'acqua raccolta sul terrazzo dell'Osservatorio elevasi a 112 millimetri in 24 ore: quantità enorme, poichè forma il sesto dell'acqua che vi cade annualmente.

Altra delle pioggie più abbondanti è quella caduta a Montpellier, il 2 agosto 1871. Il pluviometro del Giardino delle piante diede al signor Carlo Martins i seguenti numeri: Dalle 9.30 pom. alle 4 ant. un acquazzone continuo versò 90^{mm} d'acqua. Un raddoppiamento del temporale ne versò altri 51 dalle 6 a mezzodì. Nel pomeriggio, fino alle 4, caddero ancora 13^{mm} d'acqua. È un totale di 154 millimetri in 15 ore, superiore al totale della pioggia caduta in aprile, maggio, giugno e luglio, che si eleva solo a 133.

La più formidabile pioggia conosciuta è quella del 21 ottobre 1822, a Genova: 81 centimetri in 24 ore! un risultato sì strano, fa osservare Arago, inspirò dei dubbî a tutti i meteoristi; e cioè dubitavasi di un errore di stampa, ma il fatto fu verificato. Due secchî di legno, alti da 64 a 70 centimetri, vuoti prima della pioggia, ne rimasero pieni innanzi il suo cessare.

Abbiamo veduto che talvolta verificansi pure nevicate abbondantissime. Per ricordarne una, il *Moniteur* del 12 gennajo 1867 faceva notare che la neve caduta in pochi giorni a Parigi, con un'altezza di 15 centimetri, rappresentava il volume di *un milionetrecentoquarantunmila metri cubi,* ed occorrevano per essere tolta 15 000 carriole, che funzionassero 6 giorni, e 6 milioni di spesa.

Quando pensiamo all'impressione di terrore che provasi alla vista di un precipizio, potremmo chiedere a noi stessi come mai non ci spaventa il sapere sospese sulle nostre teste sì enormi quantità d'acqua, quantità capaci di fornire sulla superficie d'un ettara *cinquemila* ettolitri di acqua in 30 minuti, come a Parigi nel 1865, o come a Genova nel 1822, *ottantunmila* ettolitri in 24 ore.

Nelle regioni equatoriali, tra altipiani montagnosi, foreste immense e profondi laghi, si assiste di sovente a scene di temporale, delle quali le nostre regioni temperate danno solo una debole idea. Durante la stagione delle pioggie, cioè per sei mesi dell'anno, la catena delle Ande è il soggiorno di giganteschi uragani.

Nel suo viaggio a Quito, la curiosa capitale della Repubblica del-

l' Equatore, situata sul primo grado di latitudine ed a 3000 metri sopra il livello del mare, il signor Ernesto Charton fu testimone d' una di siffatte tormente e ne dà una descrizione pittoresca:

Io sapevo, ei dice, che ogni giorno, alle tre del pomeriggio, la tempesta si scatenava con violenza sulle montagne, ed una volta, spintomi piuttosto lontano dalla città, mi ero prefisso di essere di ritorno prima dell'ora fatale; ma desideroso di compiere una veduta cominciata e ritardata in seguito a motivi di accidenti del terreno, fui mio malgrado lo spettatore d' una scena che la penna e la matita mal saprebbero dipingere in tutto il suo sublime orrore.

Il sole era scomparso ad un tratto dietro un ammasso di nubi che ravvolgevano le creste delle Ande e i loro oscuri turbini. I fianchi delle montagne e le loro mille caverne muggivano vomitando lampi, mentre il cielo, dal canto suo, lanciava torrenti di fiamme; per due ore non vidi intorno a me che un'atmosfera incendiata, udii senza interruzioni le spaventose detonazioni del fulmine, ripetute dalla profonda voce dell'eco. Chi assiste al bombardamento ed all'incendio di una piazza di guerra non ha dinanzi agli occhi che la pallida imitazione dell'imponente lotta degli elementi. Infine la tempesta, allo stremo, fece un ultimo sforzo; il fulmine, più rapido, passò dinanzi alla tromba d'aria che s'inoltrava; questa squarciò, portò via e rovesciò tutto quanto trovavasi sul suo passaggio, penetrò nella foresta e costrinse i palmizî ed i cedri a curvarsi. Il cielo allora aperse le sue cateratte e versò torrenti sui monti infiammati; la terra non era più che un oceano, il vento caduto non aveva più soffio.

Sarei perito infallibilmente come tant'altri viaggiatori imprudenti se non avessi trovato un rifugio in una caverna Le scariche elettriche che mi circondavano minacciavano di colpirmi. Quando fui di ritorno alla *posada*, l'oste supponendomi morto già raccontava la mia triste avventura con molti particolari che facevano onore assai alla sua imaginazione. Nondimeno il brav'uomo mi accolse con gioja, e, durante tutta la sera, il racconto delle catastrofi cagionate dalle tempeste delle Cordigliere fece le spese della conversazione.

Storie sì lugubri mi avrebbero turbato forse il sonno e m'avrebbero esposto ad orribili incubi, se un caritatevole peruviano non avesse fatto deviare il corso delle idee nostre narrandoci un comico aneddoto.

Due generali, provenienti da Lima, attraversavano insieme i difficili passaggi delle Ande. Assorbiti da un conversare animato, essi dimenticavano il pericolo a cui li esponeva il tardo passo delle loro mule. Ad un tratto un rovescio di tempesta precipitò su di essi; il fulmine scoppiava ad ogni momento, e la terra, messa in contatto coll'elettricità delle nubi, lanciava fiamme. Infine, la forza dei venti fecesi tanto minacciosa, che i nostri due amici temettero di vedersi portati via insieme alle cavalcature. Cogli occhî cercavano un ricovero, ma gli sguardi scoraggiati non ne discernevano pur uno.

Un vasto stagno stendevasi lunghesso la via.

— Eh! disse uno, se ci mettessimo nell'acqua saremmo meno esposti al vento ed al fulmine?

— Buonissima idea, replica l'altro; tra due mali bisogna scegliere il minore.

Ciò detto, i nostri generali abbandonano le staffe e si lasciano sprofondare fino al collo nella liquida superficie; ma se il corpo era così preservato, non lo era il capo, e per guarentirlo lo tuffavano nell'acqua ad ogni lampo, invidiando la sorte dei fortunati abitanti del laghetto non costretti dalla necessità della respirazione a mostrarsi alla superficie.

Il loro terrore raddoppiò quando videro fulminare le mule a pochi passi dall'umido asilo; credendo giunta l'ultima ora si raccomandarono l'anima a Dio.

— Ohimè! esclamò uno, da un pezzo ho dimenticate le mie preghiere.

— Allora, soggiunse l'altro, stato educato in un convento, reciterò ad alta voce il *Confiteor*, e voi ripetete le mie parole.

Ambidue con tremula voce cominciarono a recitare le sante orazioni, accompagnate da vigorosi e frequenti *mea culpa*.

Sebbene rassegnati a morire, i nostri due viaggiatori tuffavansi replicatamente facendo il segno di croce a più riprese. Buona o cattiva l'esperienza non fu loro funesta. Il temporale cessò, e il fulmine li aveva risparmiati. Intanto però non avevano più cavalcature, nè viveri, nè abiti da mutare, e dovettero, in istato sì lamentevole, percorrere più leghe a piedi prima di giungere ad un'abitazione. Quando vi arrivarono, i loro capelli, dicesi, erano bianchi: una sola prova li aveva invecchiati più di venti campagne.

CAPITOLO V.

La Gragnuola.

FORMAZIONE DELLA GRAGNUOLA. — PROCESSO DEI TEMPORALI. — DISTRIBUZIONE CAPRICCIOSA DELLE METEORE SULLE CAMPAGNE. — GRAGNUOLE PIÙ FORTI STATE OSSERVATE. — NATURA, GROSSEZZA E FORMA DE' GRANI O CHICCHI. — PERIODI DELLE CADUTE DI GRAGNUOLA.

Non vi ha alcuno dei nostri lettori che non sia stato sorpreso da uno di que' rovescî prodigiosi che coronano i terribili temporali delle nostre regioni. Una temperatura soffocante regna alla superficie del suolo, parecchî strati di nubi nere e grigie volano nell' atmosfera in diverse direzioni. Lampi bianchicci coprono il cielo, scoppia il fulmine e milioni di chilogrammi di gragnuola ci sono lanciati dall' alto delle nubi, come precipitati dalle aperte cateratte di immenso serbatojo. Durante alcuni minuti la gragnuola solca lo spazio, crivella i giardini e gli alberi, si rotola con fracasso ne' turbini della pioggia tempestosa; poi essa si allontana col vento, il calore soffocante lascia adito ai freschi profumi delle piante bagnate, ritorna la luce, brilla l'arcobaleno, e l'azzurro celeste riappare nella tranquilla natura.

Qual è la forza che produce nelle nubi que' pezzi spesso enormi di ghiaccio, che li sostiene nello spazio, poi li lancia sui ricolti e sulle nostre dimore? Nello studiare la formazione della pioggia, abbiamo veduto ch' essa producesi solo allorquando vi sono due o più strati di nubi sovrapposti. Lo stesso avviene della formazione della gragnuola, ma con differenza nelle condizioni fisiche rispettive delle nubi.

La gragnuola formasi durante i temporali, in ore in cui la temperatura è elevatissima alla superficie del suolo e decresce rapidamente coll' altezza. Un sì rapido decrescimento è la condizione principale della grandine. Tale decrescimento lo si è trovato fino ad 1 grado per 70 metri. Che avviene allora nelle regioni delle nubi? Le nubi superiori da 3000 fino a 7000 od 8000 metri, contengono, le più alte, ghiaccio a — 30 e — 40 gradi; le più basse, acqua vescicolare a — 10 e — 20 gradi. Le

nubi inferiori contengono acqua vescicolare sopra zero. Di solito, queste nubi camminano in direzioni diverse, e la gragnuola formasi quando vi è conflitto, miscela fra i venti opposti, fra correnti e nubi di temperature sì varie. Le goccie d' acqua delle nubi che si risolvono allora in pioggia gelano istantaneamente in mezzo a tanto freddo. Trasportate dai turbini, sollevate e poste sotto l' influenza delle elettricità contrarie dei varî strati di nubi, le goccie diacciate, a malgrado del loro peso non cadono immediatamente, poichè hanno il tempo d' ingrossarsi appropriandosi grande quantità dell' acqua che incontrano nel loro passaggio e si congela al loro contatto, e spesso di agglomerarsi in gran numero (fig. 197).

Il gran freddo che si manifesta nelle nubi al di sotto delle regioni delle nevi eterne, dipende in gran parte dall' evaporazione, e questa stessa evaporazione ha doppia causa: l' azione del sole e quella della elettricità; perchè si è notato che dopo ogni scarica elettrica la pioggia o la grandine precipitansi in maggior abbondanza, e la reazione produce una dilatazione che deve dar origine ad una rapida evaporazione.

La formazione dei granelli è sempre rapidissima. Volta era d'avviso che la nube superiore fosse formata dalla condensazione del vapore proveniente dallo strato inferiore e carica di elettricità positiva, mentre questo manteneva l' elettricità negativa. Nella stessa guisa che fra due lamine d' ottone cariche di elettricità contraria sotto l' influenza della doppia attrazione, così ei pensava che la grandine si formasse per effetto di un'analoga danza di corpuscoli di neve o di ghiaccio, che si ingrossano successivamente di vapori condensati. Più non si ammette tale teoria, ed è infatti più semplice il supporre che la gragnuola si formi come la pioggia, ma in condizioni di freddo atmosferico che gela istantaneamente i globuli d' acqua al loro formarsi.

Tale formazione, o l'urto de' grani trasportati dal vento, produce talvolta un rumore che può essere udito dalla superficie del suolo. Fino dall' antichità, Aristotile e Lucrezio riferiscono tal fatto. I meteoristi Kalm e Tissier dicono di averlo udito, il primo in Francia, il 13 luglio 1878, il secondo a Mosca, il 30 aprile 1744. Trent' anni sono, Peltier mentre era a Ham, fortezza divenuta celebre, udì un rumore sì forte all' avvicinarsi del temporale, che suppose giungesse di galoppo sulla piazza della città uno squadrone di cavalleria. Non era nulla; ma venti secondi dopo uno spaventoso rovescio di grandine cadde sulla città. Nel 1871, a Doulevant-le-Château (Altamarna), il signor Pissot, corrispondente dell'Osservatorio di Montsouris, narra d'aver udito, nel temporale del 16 agosto, uno strepito continuo, seguìto da moltissima gragnuola a poche leghe da lui. Il 28 luglio 1882, alle 6 pom., si è constatato lo stesso strepito precursore della grandine a Semur (Costa d' oro). Non poteva essere che rumore di tuono simile a quello di cui parlerò fra poco.

La superficie delle nubi da tempesta offre qua e là immense protuberanze irregolari. Viste per di sotto, sono in generale oscurissime a cagione della loro opacità, difficilmente attraversata dalla luce solare. Arago aveva già fatta l'osservazione che pare abbiano esse molta profondità e che si distinguono dalle altre nubi tempor lesche per una gradazione cenerognola notevolissima. I loro margini offrono molti squarci. Ma non tardano a confondersi nella massa generale dei nembi che versano la pioggia.

A quale altezza sono? Da qual punto cadono i rovescî di gragnuola? Saussure ricevette cadute di tempesta sul colle del Gigante, a 3428 metri; Balmat ne ricevette perfino sulla vetta del monte Bianco, e Paccard trovò dei chicchi di gragnuola sotto la neve che forma la cima; grandina spesso sugli alti pascoli delle Alpi. E però il fenomeno della gran-

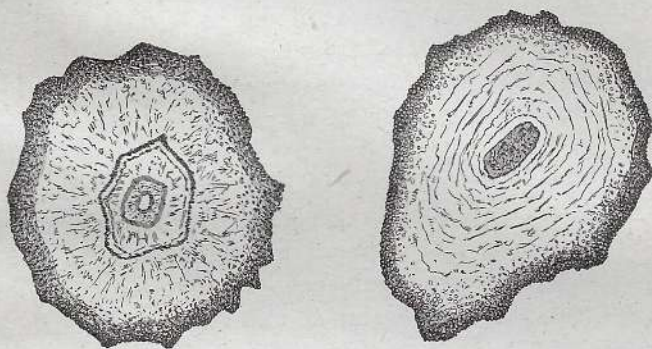



Fig. 197 — Spaccato di grani, che mostrano la loro struttura interna comune.

dine producesi a tutte le altezze. Ma nel caso in cui esso avviene a sì grandi altitudini, i grani si fondono nell' attraversare migliaja di metri d'aria al di sopra dello zero che ricoprono la superficie del globo. All'incontro, nel caso dei nostri nembi di grandine, le nubi che la producono sono meno elevate e sembrano situate fra 1500 e 2000 metri Sotto di esse stendonsi le nubi temporalesche e piovose, verso 1000 metri soltanto e spessissimo anche più basso.

Le nubi che versano la grandine non occupano mai una larga estensione. Trasportate dal vento, tempestano una stretta fascia di terra, la cui larghezza sovente è un chilometro appena, e solo di rado si estende oltre 4 leghe, e la cui lunghezza è giunta talvolta sino a 200 leghe. Una tra le più curiose e più notevoli cadute di grandine che abbiano registrate gli annali di meteorologia è quella del 13 luglio 1788. Essa era divisa in due zone: quella di sinistra o dell' ovest incominciò in Turrena, presso Loches, alle 6 e mezza antimeridiane, passò sopra Chartres alle 7 e mezza, su Rambouillet alle 8 ore, su Pontoise alle 8 e

mezza, su Clermont in Beauvoisis alle 9 ore, su Douai alle 11, entrò nel Belgio, passò su Courtray alle 12 e mezza merid., e si spense di là di Flessinga a un' ora e mezza; è una lunghezza di 175 leghe, su 4 di larghezza. La zona di sinistra, o dell' est, cominciò verso Orléans alle 7 e mezza ant., passò su Arthenay e Andonville; giunse a Parigi nel sobborgo Sant' Antonio, alle 8 e mezza, a Crespy nel Valois alle 9 e mezzo, a Castel Cambresi alle 11 e ad Utrecht alle 2 e mezza. Sono 200 leghe sulla larghezza di 2. Lo spazio compreso fra le due zone era in media di 5 leghe e ricevette pioggia. Il passaggio della gragnuola fu preceduto sulle due linee da una profonda oscurità. La velocità di cotesto temporale era di 16 leghe e mezza all'ora sulle due fascie; in ogni luogo la grandine non cadde che per 7 ad 8 minuti, ma con tanta forza che le messi andarono distrutte. Di certo non è mai stata osservata una caduta di grandine su più vasta scala. Non si contarono meno di 1039 comuni devastati in Francia: il danno, valutato da un' inchiesta ufficiale, ammontò a 24 690 000 franchi.

I granelli non avevano sempre la stessa forma; alcuni erano tondi, altri lunghi e armati di punte; se ne raccolsero fino del peso di 250 grammi!

È rarissimo che lo stesso rovescio di gragnuola si estenda sovra una linea assai regolare. È probabile che le nubi produttrici della grandine fossero quivi ad altezza maggiore di un chilometro. In generale, esse non sono che a tale altezza e subiscono l' influenza del rilievo dei terreni. Certi rovescî, senza spiegarsi su una estensione simile, sono notevoli per l'abbondanza. Il 9 maggio 1865, per esempio, alle 8 e mezza ant., comincia un temporale su Bordeaux e si dirige al nord-nord-est, passa su Périgueux alle 10 ore, su Limoges a mezzodì, su Bourges alle 2, giunge ad Orléans alle 5 e mezza, a Parigi alle 7.45, a Laon alle 11, e cade dopo mezzanotte nel Belgio e nel mare del Nord. La sua larghezza era tra le 15 e le 26 leghe. La gragnuola è caduta qua e là; a sinistra di Périgueux, sul circondario di Limoges a destra di Châteauroux, al sud-est di Parigi, da Corbeil a Laguy, e nei circondarî di Soissons e di Saint-Quentin: su quest' ultimo punto fu formidabile. La massa di cristalli caduta dal cielo sulle praterie del Chatêlet formava un letto lungo 2 chilometri e largo 600 metri, valutato nel suo complesso 600 000 metri cubi! Quattro giorni dopo i grani della tempesta non erano ancora scomparsi (vedasi più innanzi la carta).

Talvolta cadono rovescî di grandine sì violenti da distruggere tutti i raccolti; ne fu prova quella che devastò i dintorni di Angoulême, il 3 agosto 1813. Si era alla vigilia della mietitura, e tutto annunciava al coltivatore potesse essere altrettanto bella che abbondante. La giornata fu magnifica, e il vento spirò dal nord fino alle 3 del pomeriggio, poi ad un tratto girò dal lato opposto: il cielo si coperse di nubi, che in

breve s' ammucchiarono in forma spaventosa. Il vento, fortissimo da mezzodì fino alle 5, cessò improvvisamente. Il tuono rombò da lontano, ma tosto gli scoppî raddoppiarono, ed ogni istante facevansi più forti e più frequenti; il cielo si oscurò infine completamente, e dense tenebre presero il posto della luce. Alle 6, un' orribile tempesta si scatena con terribile frastuono: i grani erano grossi come ova. Parecchie persone ne furono gravemente ferite, ed un fanciullo rimase ucciso nel circondario di Barbezieux. Il dì appresso, 4 agosto, la terra presentava il triste aspetto dell' inverno più rigido; la tempesta s'era accumulata nelle valli e nelle strade all' altezza di 8 a 10 cent.; gli alberi erano interamente spogliati dalle loro foglie: le vigne erano come falciate, le messi schiacciate: il bestiame e specialmente i montoni e i porci, che non si aveva avuto il tempo di ricoverare, furono mutilati. Cotesti luoghi rimasero spopolati di selvaggina, e si trovarono perfino dei lupicini uccisi dalla grandine. Nel 1818 sentivansi tuttora gli effetti di tanto disastro; le viti, in ispecial modo, non avevano riacquistata la forza produttiva, onde si dovette strapparne gran parte.

Il temporale che scoppiò il 17 luglio 1852 verso le 6 pom., sul territorio di Chaumont, nell' Alta Marna, percorse 24 leghe occupandone 2 in larghezza: i grani, le viti e quasi tutti gli alberi furono distrutti da tempeste di enorme grossezza. Lo stesso uragano si scatenò con impeto sul dipartimento dell' Aisne, sradicò gli alberi, abbattè le capanne, uccise diverse persone; in pochi secondi, i campi sconvolti dalla violenza del vento e della grandine, non avevano più traccia di messi.

Il 17 luglio 1868, sulle 8 pom., una fitta gragnuola desolò parecchi comuni dei dintorni di Reims; i chicchi avevano il volume di piccole noci, e l' uragano è durato circa 45 minuti. Alcune cavità infundibuliformi, osservate dopo l' uragano, lasciavano, nelle parti sabbiose ed in pendìo, impronte paragonabili a quelle che vedrebbonsi al bersaglio. Queste cavità, nelle quali erano prima incastrati i grani, sostituiscono vere impronte fisiche di grandine, che sembrava avessero, dal punto di vista dell' interpretazione di impronte dello stesso genere osservate dai geologi, una particolare importanza.

Le tempeste disastrose sono poco frequenti nei nostri climi; nondimeno vedesi che a volte producono danni gravissimi. Il 18 giugno 1839, intorno alle 7 pom., alzossi un temporale a Bruxelles; dense nubi correvano dal sud-sud-ovest al nord, mentre la banderuola segnava una corrente inferiore che veniva dal nord-ovest. Fino alle 7 e mezzo non si udì che un rombo continuo, durante il quale succedevansi i lampi con sorprendente rapidità. Tosto dopo, una grossa nube, notevole per una tinta cenericcia, la cui direzione era da ovest-nord-ovest a sud-est, ravvolse Bruxelles in un'oscurità quasi completa ed aperse le cateratte di una terribile gragnuola che cagionò danni gravissimi. La grossezza

della più parte dei grani variava da 12 a 20 millimetri e se ne sono trovati perfino di 30 millimetri. Alcuni erano quasi sferici; ma nel maggior numero offrivano uno stiacciamento più o meno sentito. L'altezza dell' acqua caduta durante il temporale è stata di 37^{mm},4. Il termometro centigrado erasi alzato fino a 33°,4 che è il suo massimo per Bruxelles; il barometro giungeva ad un minimo di 754^{mm},48 verso le 4 del pomeriggio.

La caduta della grandine ha una tendenza a seguire le valli ed i fiumi quando le nubi non sono altissime; poichè, i casi precedenti lo dimostrano, gli uragani sono allora correnti generali che vengono dall' Atlantico, e seguendo la progressione solita delle correnti che giungono a noi, proseguono il loro viaggio dalle regioni del sud-ovest verso quelle del nord-est. Ma in tutti i temporali secondarî parziali, che sono i più numerosi e si limitano ad alcuni dipartimenti, osservasi un' evidente deviazione lungo le valli. Sembra altresì che schivino le foreste.

Dacchè le scuole normali di Francia si occupano di constatare i fatti meteorologici, le testimonianze dell' influenza dei terreni sulle distribuzioni dei temporali e della gragnuola abbondano. I tali paesi ed i tali altri hanno grandine ogni anno, mentre in alcuni grandina una sol volta in dieci anni. Si sono potute perfino redigere carte statistiche dei danni cagionati dalle tempeste in ogni dipartimento, adoperando i documenti delle compagnie d' assicurazione, ma queste carte sono poco esatte dal lato meteorologico, imperocchè sono basate sulle perdite venali; una stessa quantità di grandine produrrà un danno dieci volte maggiore cadendo su una piantagione di tabacco, come nel napoletano, che non su terreni incolti od anche boscati. Non è però meno vero che la quantità intrinseca di grandine differisce per paesi vicini, secondo la loro situazione geologica, orografica e climatologica.

I temporali da gragnuola sono quelli in cui lo sviluppo di elettricità tocca le maggiori proporzioni. Le dense nubi ove elaborasi la meteora sono cariche di una forte dose del misterioso fluido, di cui una parte disperdesi nel loro proprio svigorirsi o nelle scariche reciproche colle loro congeneri. Il tuono non è più allora soltanto un rumore che tien dietro al lampo, è un rombo continuo, durante il quale spesso non vedonsi i lampi, sia che abbiano piccolissime dimensioni, sia che agiscano esclusivamente nell' interno del movimento delle nubi. Il 4 settembre 1871, per esempio, seguendo il temporale di gragnuola che si sviluppò in tutta Parigi, ebbi ad osservare che alle ore 3.36, quando già la grandine era passata sul quartiere dell'Osservatorio, e quand'era sul Ménilmontant, un rombo di *tuoni senza lampi* durò sei minuti e si ripetè più volte. Il 7 maggio 1865, un violento temporale scoppia sul dipartimento dell' Aisne e vi cagiona un disastro di parecchî milioni. Al disopra degli strati di nubi vedevasi un denso cumulo, di bianchezza livida, nel quale

producevasi un balenar continuo; il rombo del tuono prolungavasi senza intensità nè fracasso; uno scintillamento non interrotto di lampi ingenerava una specie di crepitio senza intermittenza, e pareva che le esplosioni si concentrassero nell'interno della nube più grossa. Quando questa fu passata lentamente oltre le alture di Rousoy, sulle vette del bacino della Somme e della Schelda, precipitossi con ispaventevole furia nella valle di quest'ultimo fiume, crivellò Vend'huile, il Châtelet, Beaurevoir di tempeste, e in numero sì considerevole che copersero il suolo di uno strato alto 5 metri: vi erano ancora sei giorni dopo e formavano qua e là banchi sì compatti che fecero da dighe all'acqua; quando si dovette torli via scivolavano come monti di ghiaccio! Il 18 giugno 1839, a Bruxelles, mentre durava un forte temporale di grandine, alle 7 e

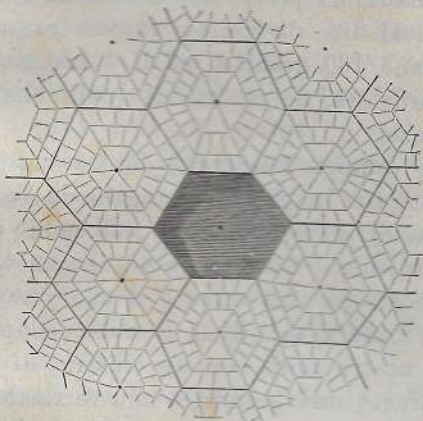



Fig. 198. — Sezione d'un grano di tempesta ingrandito.

mezza pom., Quételet udì un rombo continuato di tuono, durante il quale i lampi succedevansi con maravigliosa rapidità. Tosto dopo, una grosse nube cenericcia immerse la città in tenebre profonde e scoppiò con una spaventosa caduta di grandine.

È utile per noi di sapere fino a quali dimensioni possano giungere i grani della tempesta. Una scelta di documenti autentici ci permette di dare in argomento confronti assai curiosi.

Dopo la gran tempesta del 15 luglio 1788, di cui parlavamo or ora, il geologo Tassier foggiò dei pezzi di ghiaccio che gli parvero della consistenza della grandine, in guisa da dar loro la grossezza di un uovo di piccione, di un uovo di gallina, d'un uovo di pollo d'India, per facilitare ai meteoristi i mezzi di valutare approssimativamente il, peso de' chicchi partendo dal modo solito di designare la grossezza loro. Il primo pesava 11 grammi, il secondo 23, il terzo 69.

La grossezza più comune della grandine è a un dipresso quella della

nocciuola; spesso anche ne cade di grossa come un pisello soltanto. Nei rovesci ordinarî i grani pesano da 3 a 5 grammi.

Le tre dimensioni qui descritte si sono presentate di frequente negli annali della meteorologia. Non è un fatto assolutamente straordinario il veder chicchi da 10 a 70 grammi.

I fatti straordinarî sono i seguenti, che nello stesso tempo sono perfettamente autentici, e accertati da fisici conosciuti.

In una tempesta che cagionò gravi danni sulle rive del Reno, il 13 aprile 1832, il grano più pesante trovato da Voget, ad Heinsberg, pesava 90 grammi. A Randerath pesavano il doppio.

In una tempesta che schiacciò, per 45 minuti, parte del Morbihan, il 21 giugno 1846, i chicchi offrirono tutte le dimensioni comprese fra le noci e le uova di pollo d'India. Un solo misurava cm. 22 di circonferenza.

Müncke, nell'Hainaut, ha pesato de' chicchi da 120 grammi ciascuno.

Il 29 aprile 1697, al dire di Halley, furono raccolti nel Flintshire de' grani che pesavano 130 grammi, ed il 4 maggio dello stesso anno Taylor, nella Staffordshire, ne misurò di quelli che avevano 30 centimetri di circonferenza.

Narra Volney che durante l'uragano del 13 luglio 1788 egli era al castello di Pontchartrain, lungi quattro leghe da Versailles; i raggi solari erano insopportabili e l'aria calma e soffocante, cioè assai rarefatta; *il cielo era spoglio di nubi*, e nondimeno udivansi scoppî di tuono. Verso le 7 e un quarto mostrossi una nuvola al sud-ovest, seguita da vento vivissimo. In pochi minuti, egli dice, la nube occupò tutto l'orizzonte ed accorse verso il nostro zenit con un rinforzo di vento allora fresco, e ad un tratto cominciò una grandine, non verticale, ma lanciata obliquamente come da 45°, di tale grossezza che sarebbersi detti pezzi di muro buttati dal tetto di una casa in demolizione. Non potevo dar fede ai miei occhî; molti chicchi erano più grossi del pugno di un uomo, e vedevo che inoltre alcuni erano scheggie di pezzi più grossi. Quando potei sporgere la mano con sicurezza fuori della porta della casa dove, in tempo, m'ero rifugiato, ne presi uno, e le bilancie che servivano a pesare le derrate m'indicarono il peso di più di 6 oncie (183 grammi). La sua forma era irregolarissima: tre corna principali grosse come il pollice e quasi altrettanto lunghe partivano dal nocciolo che le teneva unite.

Volta assicura che nella notte dal 19 al 20 aprile 1787, fra le enormi tempeste che devastarono la città di Como e dintorni, se ne trovarono del peso di 9 oncie (280 grammi).

Parent, dell'Accademia delle Scienze, narra che il 15 maggio 1703 caddero, nel Perche, grani di tempesta grossi come il pugno. Pesavano da 300 a 400 grammi.

Montignot e Tressan ne raccolsero a Toul, l'11 luglio 1753, che avevano la forma di poliedri irregolari e il diametro di 8 centimetri.

Il 28 luglio 1872, a Semur (Costa d'Oro) caddero chicchi di 300 a 400 grammi. Il 5 ottobre 1831 si raccolsero a Costantinopoli pezzi più grossi del pugno, e del peso di 500 grammi. Rammentansi grani di tempesta analoghi, raccolti nel maggio 1821 a Palestrina.

Ma ecco constatazioni ancora più straordinarie:

Il 12 giugno 1829 una gragnuola fu tanto forte da sfondare i tetti delle case a Cazorta (Spagna); que' massi di ghiaccio pesavano fino 2 chilogrammi.

A siffatte proporzioni non possono giungere fuorchè grani agglomerati, saldati insieme, sia nel punto dove cadono, sia durante la loro caduta. Ciò è quanto fu altresì dimostrato dall' osservazione. Tale è, con maggior ragione, la spiegazione dei seguenti fatti, se pure son veri:

Nei primi giorni d' ottobre 1844, in uno spaventevole uragano che devastò il mezzogiorno della Francia, vidersi de' chicchi di 5 chilogrammi; la città di Cette, in particolare, sofferse i più gravi disastri; alcuni uomini furono lapidati, alcuni muri abbattuti e varie navi colate a fondo.

Pare che in una fantastica tempesta caduta l'8 maggio 1802 sia stato raccolto un masso di ghiaccio lungo e largo un metro ed alto 7 decimetri.

Il dottor Foissac, che cita il fatto, non lo ritiene esagerato, e gli aggiunge il seguente: « Il signor Hue, della congregazione di San Lazzaro, missionario apostolico della Tartaria, nel Tibet e nella China, riferisce che la gragnuola cade di frequente nella Mongolia, e spesso, dice il venerabile ecclesiastico, è di grossezza maravigliosa: vi abbiamo visti dei grani di 12 libbre di peso; talvolta basta un minuto per esterminare interi armenti.

« Nel 1843, durante un gran temporale, fu udito nell' aria come il rumore di un vento terribile, e subito dopo cadde in un campo, non lungi da casa nostra, *un pezzo di ghiaccio più grosso di una pietra da molino*. Lo si spezzò colle scuri, e quantunque si fosse in giorni caldissimi, impiegò tre giorni a sciogliersi interamente. »

Se il fatto è reale, nulla impedisce di ammettere la cronaca del tempo di Carlomagno, che parla di tempeste larghe 15 piedi, lunghe 6 e grosse 11; e quella di Tippo-Saib, che pose in iscena un chicco di gragnuola grosso come un elefante!

Le forme dei chicchi sono diversissime. Di solito son rotondi e sferici, più o meno irregolari, come piselli, acini d' uva, nocciuole. Buona parte anche sono allungati a mo' de' grani di frumento, di corniola, d' olive. I grossissimi sono formati dalla *juxtaposizione* di particelle cristallizzate. Il 4 luglio 1819, di notte, durante un temporale che desolò molta parte dell' occidente della Francia, Delcros raccolse parecchi grani sferici intieri, ne' quali vedevasi un primo nocciolo sferico bianco opaco, che offriva traccie di strati concentrici; intorno a questo nocciolo era un inviluppo di ghiaccio compatto, a raggi dal centro alla circonferenza,

e conterminato esteriormente da dodici grandi piramidi, tra cui erano interposti piramidi minori. Il tutto formava una massa sferica di quasi 9 centimetri di diametro.

Alcuni chicchi raccolti il 12 settembre 1863 in una strada situata a sud-ovest di Tiflis, e disegnati nel *Bollettino dell' Accademia delle scienze di Pietroburgo*, avevano la forma di ellissoide, e la superficie loro era ricoperta di gran numero di piccole protuberanze. Il tessuto poliedrico, esaminato colla lente, mostrava l' aspetto di una serie di piramidi a sei faccie, ed una sezione fatta nell'interno lasciava scorgere altresì l' esistenza di una reticella a maglie diagonali, rappresentata dal disegno precedente (fig. 198).

Il 20 luglio 1871, alle 6 pom., mentre splendeva il sole, con alcune nubi d' aspetto innocuo, fu udito ad Auxerre un rumore caratteristico paragonabile a quello d' un convoglio molto pesante. Qualche scoppio di fulmine precedette la caduta della gragnuola. Questa non istette molto a cadere senza temporale, senza sconvolgimento atmosferico, specchiandosi in cielo nella sua tranquilla discesa. I chicchi nel cadere al suolo conservarono la loro forma. Il signor Daudin ha disegnato qualcuno dei loro aspetti più caratteristici. Eccoli nelle loro dimensioni esatte (*Bollettino Internazionale dell'Osservatorio di Parigi*, del 27 agosto 1871). Occupano i quattro angoli della fig. 199. I due grani tagliati e posti nel centro son quelli di cui abbiamo parlato più sopra e sono stati segnati per l' Accademia di Pietroburgo. Si è qui fatta l' aggiunta di alcuni grani meno grossi e di forma più comune.

In quello stesso temporale, a Montargis, il signor Parent ha osservato che alle 6 ore e 45 minuti pom., mentre grandinava in abbondanza, caddero pezzi di ghiaccio lunghi da 3 a 5 centimetri, di forma ovoide e trasparenti come il cristallo.

Durante la bufera del 22 maggio 1879, a Parigi, il signor Trecul dell' Istituto, osservò che più chicchi erano conici o meglio piriformi, cioè più larghi alla loro parte inferiore che alla superiore; ve ne erano di lunghi 2 cm. e larghi 1 centimetro e mezzo. Uno di essi, esaminato specialmente, presentava caratteri meritevoli d' attenzione. Il terzo superiore (la parte più stretta del grano) era opaco e bianco, mentre la parte inferiore, o la più larga, era di perfetta trasparenza, come il ghiaccio più puro. Inoltre, cotesto grano, veduto dalla parte grossa, cioè quando il diametro più stretto era posto trasversalmente per rispetto all' asse visuale, mostrava manifestamente la figura d' un rombo ad angoli ottusi, e dai lati partivano facciette oblique, che convergevano e perdevansi verso la vetta ottusa del grano di gragnuola.

Quanto alle epoche della grandine, ciascuno ha potuto osservare che essa cade principalmente in estate e nel pomeriggio, cioè nelle circostanze in cui sono riunite le condizioni meteorologiche più sopra rife-

rite: gran calore alla superficie del suolo, diminuzione rapida coll' altezza, grande evaporazione delle nubi sotto l'azione del sole. Siccome però il solo conflitto di un vento superiore freddissimo alla stessa altitudine può determinare la produzione della grandine, essa cade a volte in inverno e a volte di notte; ma sono eccezioni.

I trattati di meteorologia riuniscono di solito il nevischio e la gra-

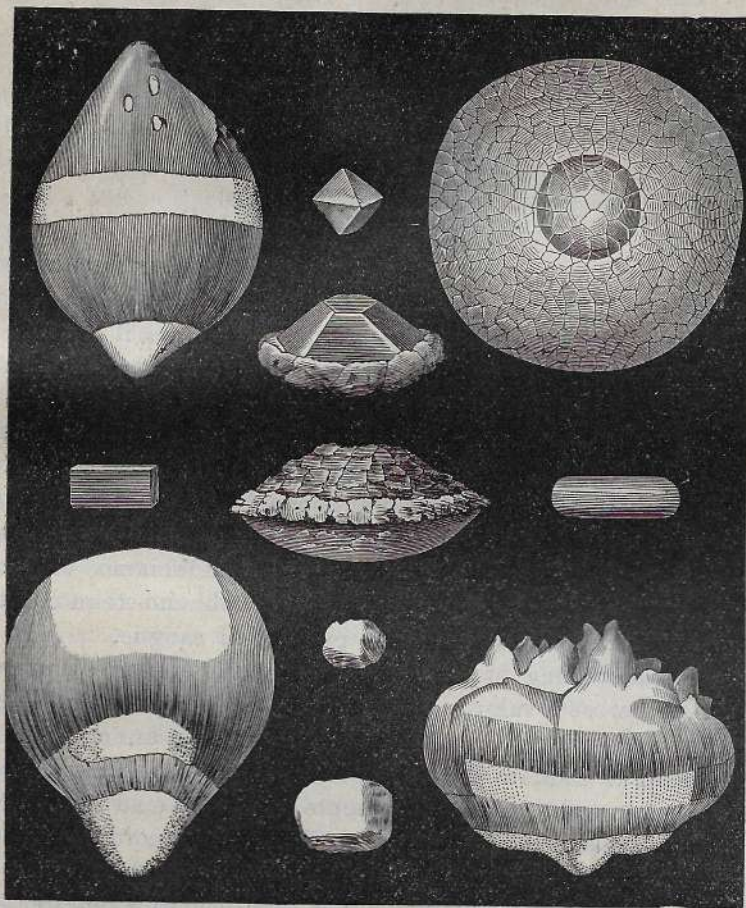



Fig. 199. — Varie forme di chicchi di gragnuola.

gnuola, e insegnano allora che queste meteore acquose cadono più spesso in inverno ed in primavera che in estate ed in autunno. Ma è pura apparenza: il nevischio differisce dalla gragnuola, non solo pel suo stato di divisione estrema, bensì anche pel suo modo di formazione, poichè esso non nasce in grembo a' temporali e non rende necessarî i grandi movimenti atmosferici da noi riassunti. È una pioggia diacciata, o una neve granulosa compatta.

CAPITOLO VI.

I prodigî.

LA PIOGGIA DI SANGUE — DI TERRA — DI SOLFO — DI PIANTE — DI RANE — DI PESCI — DI ANIMALI DIVERSI.

Tranne le pioggie comuni più o meno forti, di acqua, di neve, o di grandine da noi finora studiate, la storia delle meteore ci offre talvolta pioggie straordinarie, che spesso hanno sparso il terrore fra le anime deboli ed ignoranti che credevano scoprire in quelle meteore i segni diretti della collera celeste.

Non parleremo delle pietre cadute dal cielo e degli aeroliti, ne' quali i filosofi greci vedevano frammenti staccati dalla vòlta celeste, e che sono, come abbiamo veduto, corpuscoli conici circolanti nello spazio. Non parleremo neppure delle pioggie di pietre, di mattoni, di assi, di terraglia, che sono dovute alle trombe. Ma dobbiamo volgere uno sguardo critico a certi fenomeni che finora abbiamo tenuto sotto silenzio. E prima incominciamo dalla pioggia di sangue.

Omero fa cadere una pioggia di sangue sugli eroi greci, presagio di morte per numerose e valorose teste, che Zeus deve precipitare all'Orco. Ossequente cita queste: Dopo la presa di Fidene, anno di Roma 14, goccie di sangue caddero dal cielo con universale sorpresa. Nel 538, pioggia di sangue abbondante sul monte Aventino e ad Aricia. Nel 570 e 572, sulla piazza di Vulcano e su quella della Concordia piove sangue per due giorni: nel 585, per un giorno. Nel 587 tale prodigio si ripete in più luoghi della Campania, nel territorio di Preneste. Nel 626 a Cere; nel 648 a Roma; nel 650 a Duna; nel 652 nei dintorni dell'Anio. Piove sangue nel tempo dell'uccisione di Fozio...

Plutarco parla di pioggie di sangue dopo grandi combattimenti: nella guerra cimbrica, per esempio, dopo la carneficina di tante migliaja di Cimbri nella pianura di Marsiglia. Egli ammette che i vapori sanguigni esalati dai corpi e diluiti nell' umore delle nubi comunicassero a queste il loro color rosso.

Ecco le pioggie di sangue che ho potuto registrare dal principio del-

l' éra nostra sino alla fine del secolo scorso, attingendo specialmente le mie notizie alle ricerche del signor Grellois su cotesto curioso argomento:

Leggo dapprima in Gregorio di Tours che nell'anno 582 dell'éra nostra « una pioggia di sangue cadde sul territorio di Parigi. Molti la ricevettero sulle vesti, ed essa le insudiciò con tali macchie, che se ne spogliarono con orrore ».

La storia di Costantinopoli riferiva di una pioggia simile caduta sulla città nel 652.

Nel 654 il cielo parve infiammato nelle Gallie, moltissimo sangue sfuggì dalle nubi.

Nel 787, Fritsch segnala, in Ungheria, una pioggia di sangue seguita da peste Se ne videro altre nell'869 a Bressanone, e nel 929 a Bagdad.

Nel 1117, alcuni fenomeni straordinarî, pioggie di sangue, rumori sotterranei gettarono lo spavento in Lombardia durante la lotta dell'affrancamento dei Comuni onde ci fu a Milano riunione di vescovi. Lo stesso fenomeno fu osservato a Brescia tre giorni e tre notti, prima della morte di papa Adriano II.

Nel 1144 piovve sangue sopra parecchî punti della Germania; nel 1163 alla Rochelle.

Nel 1181, nel mese di marzo, piovve constantemente sangue per tre giorni in Francia ed in Germania; mostrossi nel cielo una croce luminosa.

Sullo scorcio del 1543 cadde sangue nel castello di Saxenburg. peesso Bärendorf nella Vestfalia; nel 1560 a Lovanio. Nei dintorni d'Einden (Frigia orientale), nel 1571, cadde nottetempo sì gran quantità di sangue, che sopra uno spazio di 5 o 6 mila miglia l'erba e le vesti esposti all'aria presero un colore purpureo. Parecchî ne conservarono in vasi. Si tentò, ma invano, di spiegare tal prodigio colla supposizione che il vapore del sangue di numerosi buoi macellati si fosse alzato nelle nubi. Non si riscontra altra spiegazione più seria fra le cagioni naturali.

Ne osserviamo altresì nel 1623 a Strasburgo, nel 1638 a Tournay e nel 1640 a Bruxelles.

Leggesi nella storia dell'Accademia delle scienze, che il 17 marzo 1669, alle 4 antimeridiane, cadde in più punti della città di Châtillon sulla Senna una specie di pioggia o di liquore rossiccio, denso, vischioso e puzzolente, che somigliava ad una pioggia di sangue. Se ne vedevano grosse goccie stampate sui muri; anzi un muro ne era sferzato da una parte e dall'altra: « circostanza la quale fa supporre fosse cotesta pioggia formata di acque stagnanti e fangose, da un turbine di vento tolte alle paludi vicine ».

Venezia ne ricevè una nel 1689.

Nel 1744 cadde una pioggia rossa a Sampierdarena presso Genova, che gli orrori della guerra, allora sulle terre della Repubblica, resero spaventosissima nel popolo, e si verificò in seguito che tal tinta componevasi di una terra rossa, da un vento impetuoso portata via dalla vicina montagna.

Le pioggie di color rosso sono state studiate piuttosto di sovente a' tempi nostri, perchè non si possa porre alcun dubbio sulla realtà del fenomeno; il solo errore degli antichi viene dalla natura di tal colore che gli dava apparenza di prodigio.

Bède pensava che una pioggia più densa e calda del solito poteva diventar rossa come sangue e far illusione agli ignoranti. Kaswini, El Hazen, ed altri dotti del medioevo narrano che intorno alla metà del nono secolo cadde una polvere rossa come sangue coagulato. Questi filosofi sono dunque già entrati nella via di una sana spiegazione; essi non vedono in ciò che una somiglianza, e può essere vero, e non una realtà, cosa che fa a pugni colla logica più semplice. « Ciò che il volgo chiama pioggia di sangue, dice G. Schott, il più delle volte è la caduta dei vapori tinti dal vermiglione o dalla creta rossa. Ma quando piove sangue vero, e difficilmente lo si potrebbe negare, è miracolo dovuto alla volontà di Dio. » Barlume di verità, tosto svanito! Leggesi in Eustate, commentatore d'Omero, che in Armenia le nubi lasciano sfuggire pioggie di sangue, perchè il paese contiene miniere di cinabro, la cui polvere, unita all'acqua, colora le goccie di pioggia.

Corrado Licostene, nel suo *Libro dei prodigi*, di cui abbiamo dato due fac simili

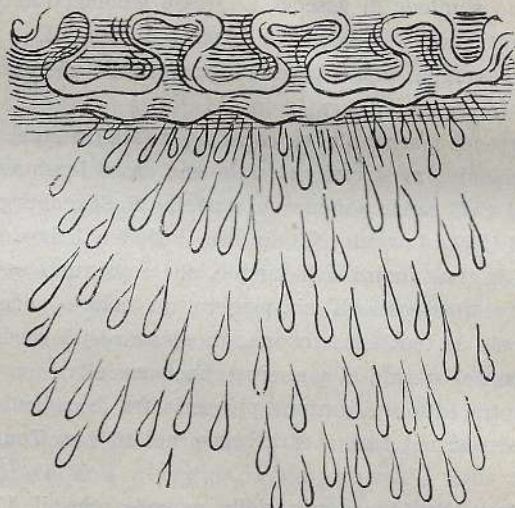



Fig. 200. — Le pioggie di sangue, da un disegno del medioevo.

in quest'opera, figg. 200 e 201, rappresentano le *pioggie di sangue* e le *pioggie di croci*, che ci offrono un esempio dell'ingenuità de' tempi andati.

Nei primi di luglio del 1608, una pretesa pioggia di sangue cadde nei suburbî d'Aix, in Provenza, e tale pioggia si estese fino a mezza lega dalla città. Alcuni preti, ingannati, o vaghi di trar profitto dalla credulità del volgo, non esitarono a scoprire nell'avvenimento satanici influssi. Per buona ventura, un uomo istruito, Peiresc, udito del sedicente prodigio, volle attendere ad assidue ricerche. Ei non istette molto a riconoscere che le goccie altro non erano che escrementi di farfalle state vedute in abbondanza grandissima al principio di luglio. Non esisteva alcuna macchia di tal natura nel centro della città, dove le farfalle non erano state vedute, e, inoltre, non se ne osservava al disopra della linea mezzana delle case, livello al quale fermavasi il volo degli animaletti. D'altra parte, la presenza di queste goccie, in luoghi coperti, non poteva permettere fossero supposte d'origine atmosferica.

Egli si affrettò a dimostrare il fatto agli amici del miracolo. Constatò e fece constatare che le pretese goccie di sangue si trovavano soltanto in cavità, tra gli interstizî, sotto la cresta dei muri, non mai alla superficie della pietra volta verso il cielo. Egli provò con queste varie osservazioni come le pretese goccie di sangue fossero goccie di liquor rosso depresse dalle farfalle.

Nondimeno, a dispetto delle prove rassicuranti di Peiresc, i borghigiani d'Aix sentivansi ognor compresi da terrore alla vista di quelle lagrime sanguinose che macchiavano il suolo delle campagne.

Rèaumur addita la farfalla chiamata gran tartaruga, come la più atta a spargere paure di tal sorta. « Ve ne sono migliaja, ei dice, che si trasformano in crisalidi verso la fine di maggio; esse abbandonano gli alberi, si appiccicano spesso ai muri, entrano perfino nelle case di campagna e penzolano dai soffitti e dagli uscî. Se le farfalle che vi escono sul finir di giugno volassero di conserva, ce ne sarebbe da

Fig. 201. — Pioggia di croci, da un disegno del medioevo.

formare piccole nubi, e, di conseguenza, abbastanza da coprire le pietre di macchie rosse sanguigne e da far credere a chi ha la manìa di spaventarsi e di veder prodigî, che durante la notte sia piovuto sangue. »

Comunemente però, le pioggie di sangue non soltanto son macchie rosse prodotte da particolari insetti, ma sono *vere pioggie,* colorite da polveri trasportate dal vento, e fu solo nel secolo nostro che riconobbesi tale origine generale.

Il 14 marzo 1813, una di coteste strane pioggie cadde nel regno di Napoli e nelle due Calabrie. Uno scienziato, Sementini, la esaminò, l'analizzò, e diè conto nei seguenti termini all'Accademia delle scienze di Napoli :

« Da due giorni spirava vento di levante, allorchè gli abitanti di Gerace videro venire dal mare una densa nube. Alle 2 pom. il vento scemò di violenza; ma la nube ricopriva già le montagne vicine e cominciava a intercettare la luce del sole; il suo colore rosso pallido dapprima, diventò poscia rosso infocato. La città fu quindi immersa in tenebre sì fitte che, verso le 4, si dovettero accendere i lumi nell'interno delle case. Il popolo, spaventato dall'oscurità e dal colore della nube, accorse in folla nella cattedrale a far pubbliche preghiere. L'oscurità aumentò sempre, *e il cielo apparve color del fuoco,* il tuono muggì, e il mare, quantunque lontano 6 miglia dalla città, accresceva lo spavento co' suoi rombi; allora cominciarono a cadere goccioloni di pioggia rossiccia, che alcuni ritenevano goccie di sangue, altri goccie di fuoco. Infine, all'avvicinarsi della notte, l'aria si rischiarò, tacquero il fulmine ed il tuono e il popolo ritornò all'abituale tranquillità. »

Senza commozioni popolari, e con alcune differenze in più od in meno, lo stesso fenomeno di una pioggia di polvere rossa seguì non solo nelle due Calabrie, ma anche nell'estremità opposta degli Abruzzi.

La polvere aveva il color giallo di cannella ed un sapore tonico poco spiccato; era untuosa al tatto, e colla lente vi si scorgevano de' corpuscoli duri somiglianti al pirosseno. Il calore l'imbruniva, poscia la rendeva nera affatto, e finalmente l'arrossava diventando più intenso. Dopo l'azione del calore, essa lasciò scorgere, anche ad occhio nudo, moltissime laminelle brillanti, che erano mica gialla. Il suo peso specifico, quando fu spogliata dei corpi duri, era di 2,07; era composta di silice 33,0, allumina 10,0, calce 11,5, cromo 1,0, ferro 14,5, acido carbonico 9,0.

Donde veniva tal polvere? Non si potè ancora accertarlo.

Bisogna venire sino all'anno 1846 per avere un esame generale di queste pioggie, che le seguirà nello spazio fino alla loro origine.

Il 16 maggio dello stesso anno, una pioggia di terra insudiciò tutte le acque di Siam (Giura). L'autunno di quell'anno vide riprodursi una pioggia di terra, che fu accompagnata da un corteggio di fulmini, di pioggie diluviane, di uragani straordinariamente disastrosi che si scatenarono a vicenda, e, presso a poco, sopra un largo anello della sferoide terrestre, per forma da non lasciarsi spiegare fuorchè da un gran perturbamento del sistema degli alisei.

Allora i cicloni misero sossopra l'Atlantico: tra spaventevoli folate di vento, tormente, grandini, non poche navi furono disalberate, rase come pontoni, altre navigavano tra gli avanzi galleggianti. In seguito scoppiarono uragani in Francia, in Italia, a Costantinopoli, e più lungi verso il levante, i tifoni esercitarono il loro furore sui mari della China.

I venti furono tanto forti da distaccare uno strato di terra nelle regioni dove la superficie del suolo offriva sabbia o terra friabile, facile

a portarsi via. Trasportata lontano, quella terra doveva necessariamente deporsi in qualche luogo. L' effetto si produsse nel mezzogiorno della Francia, fra il Puy e il Moncenisio, nella direzione del vento dominante, e attraverso a Bourg-à-la-Drôme. Nondimeno l' abbondanza del precipitato variava secondo i luoghi; a Lione, anzi, fu poco apparente, quantunque si mostrasse sotto forma di limo rossiccio, che la popolare superstizione qualificava *pioggia di sangue*. Ma a Meximieux, i soldati d'un battaglione, in marcia per la frontiera Svizzera, sono stati coperti di fango. I loro indumenti ne erano siffattamente impregnati che fu necessario lavarli con molta cura. Il castello di Chamagnieu ne ricevette tale rinzaffatura da renderlo irriconoscibile, ed a Valenza lo strato fu sì alto, che gli abitanti dovettero lavar le grondaje e liberarne i canali di scolo. Fournet ha calcolato che, pel dipartimento della Drôme, le nubi hanno sparso sul paese l' enorme peso di 7200 quintali metrici, equivalenti al carico di 180 carri tirati da 4 cavalli robusti, portanti ciascuno 40 quintali metrici di questa terra.

Ehrenberg, cui si fecero giungere de' campioni di siffatto prodotto, vi constatò 73 forme organiche, di cui alcune sono speciali all' America del Sud. Questa terra veniva dal nuovo mondo!

L' intervallo di tempo passato fra l' uscita dall' America, 13 ottobre, e l' arrivo sulla Francia, 17 ottobre, fu di circa quattro giorni, velocità di $17^{m},15$ al minuto secondo.

Dopo il 1846, come pioggia colorata notevole abbiamo quella del 31 marzo 1847, su quel di Chambéry. Essa era intorbidata da una materia lattiginosa che aveva l' apparenza di argilla tenuta sospesa. Gli abiti che ricevettero alcune goccie di tal pioggia rimasero cosparsi di macchie bianchiccie abbastanza visibili. Ma tosto dopo, le notizie venute di Savoja, e specialmente quelle del Gran San Bernardo, appresero che vi cadde una *neve rossa terrosa* spinta dal sud-ovest, e che ricoperse il suolo per uno spessore di parecchi centimetri.

Questo colorimento della neve per effetto della polvere non deve essere confuso col suo colorimento più frequente, il quale viene da un animaluzzo che vive nel suo seno ghiacciato: il *disceraca* o *uredo nivalis*, specie d' infusorio che sviluppasi sopra un'estensione tal fiata considerevole nelle Alpi e nelle regioni polari.

In occasione della pioggia rossa del 1847 di cui parliamo, le nevi estendevansi sopra buona parte della Francia: a Parigi, ad Orléans, nei Vosgi, nella Bresse, e gli uragani scatenavansi all' Avana, a Bahama, alle Azzorre, a Terra Nuova, alle Sorlinghe, nel Portogallo e in Spagna. Turbini atmosferici desolarono il settentrione, l' occidente, Havre, Parigi; a Grignan, ventiquattro cicogne scendevano dalle nubi, asfissiate o bruciate dal fulmine. In Nantua una tromba che alzò a tre metri una garetta colla sentinella, ricopriva le vie di rottami di tegole, di vetri,

di fumajoli. I numeri dati da Fournet mettono in evidenza un abbassamento barometrico pronunciatissimo e rapidissimo nella giornata del 31, alla quale tenne dietro un abbassamento ancora più sentito il 2 aprile.

Dobbiamo poi intrattenerci della pioggia di terra del 27 marzo 1862, notevole pe' suoi risultati. Allo stato umido, il residuo possedeva, come quello del 1846, un colore rosso abbastanza spiccato per ridestare i pregiudizî popolari sulle *pioggie di sangue;* asciutta, era una terra fina e giallognola. Ehrenberg vi scoperse 44 forme diverse, tra cui quelle gallionelle microscopiche, delle quali 466 000 ponno capire in un pollice cubo.

Nella notte dal 30 aprile al 1.º maggio 1863, verso le 3 ant. un uragano violento con fulmini scatenossi su Perpignano; indi riscontrossi su più punti della città, come anche in campagna, una polvere rossiccia di cui sulle prime ignoravasi l'origine; ma fu in breve constatato ch'essa era caduta colla pioggia. Lo stesso acquazzone si è esteso nella pianura del dipartimento de' Pirenei Orientali, come sui punti elevati, coll'unica differenza che si trattava, per questi, di una neve rossa.

La comparsa delle sue falde tinte di sangue mise un grande terrore in cuor agli abitanti. Infine lo stesso fenomeno si manifestò su parecchi punti del litorale del Mediterraneo

Si trovò una polvere di marmo argillosa e ferruginosa, mista di sabbia finissima, che attraversando l'atmosfera la spogliò di una parte delle materie organiche che vi erano sospese. In tale rispetto, c[illegible]tte pioggie divengono cadute di fango fertilizzante, *pioggie d'ingrasso.*

Com'è naturale, qualunque vento un po' forte è atto a sollevare fiotti polverosi, e il fatto osservasi ancora più specialmente quando, animato da un moto rotatorio, possiede la specie di forza d'aspirazione che gli permette di comporre i folletti o turbini di sabbia che s'incontrano tanto di sovente sulle strade.

Tutta l'estensione della vasta zona dei deserti, che prolungasi sui paesi intertropicali e subtropicali, tanto dell'antico quanto del nuovo mondo, è capace di abbandonare ai venti degli elementi terrosi, trasportabili da lungi. L'Europa può del pari abbandonare ai venti sabbie e polvere, così come le lontane contrade dell'Asia, dell'Africa e dell'America.

Abbiamo apprezzato più sopra la potenza delle trombe. Per ricordare soltanto quella del 1780, notevole dal punto di vista attuale, essa si avviluppò presso Carcassonne, sulle sponde dell'Aude, sollevò a grandi altezze moltissima quantità di sabbia, scoperse ottanta case, portò via e disperse ben lungi i covoni incontrati sui campi. Grossi frassini furono sradicati, i loro robusti rami furono scaraventati fino a 40 metri di distanza, ecc. Una tale potenza basta per ispiegare i trasporti più lon-

tani di sabbia e di terra. La pioggia di sangue caduta a Siena, dal 28 al 31 dicembre 1860, e analizzata con cura dal dottor Campani è parsa d' origine organica.

Una delle ultime pioggie di sangue più notevoli fu quella del 10 marzo 1869. Quel giorno, a Napoli, spirava il scirocco, di cui abbiamo parlato nel capitolo sui venti particolari. Le sue folate si trasportavano insieme quella specie di nebulosità che gli è propria e che somiglia a leggiera nebbia; il barometro erasi abbassato di molto e segnava 637 millimetri; faceva caldissimo, e a quando a quando improvvisi e brevi acquazzoni cadevano ora in pioggia sottile e fitta, ora in larghe goccie da temporale. Ogni goccia di questa pioggia lasciava una traccia fangosa dove era caduta.

Queste macchie, viste da vicino, avevano una tinta bruno-giallognola pronunciatissima e somigliavano assai all'impronta fatta da un' acqua ferruginosa; le goccie lasciavano traccia sugli abiti, e segnavano sulla seta del cappello come gli spruzzi di un fango contenente ossido di ferro Un foglio di carta bianca, inumidito prima ed esposto al vento, ha presentato dopo alcuni minuti un numero piuttosto grande di granelli rossicci di forma sensibilmente sferica, il cui diametro poteva variare da $^1/_{10}$ a $^1/_{100}$ di millimetro.

Se chiediamo a noi stessi donde venisse quella sabbia, la risposta non è dubbia: seguendo la direzione tracciata dal vento, giungesi direttamente all' Africa senza incontrare alcuna terra da cui si possa supporre che tali materie siano state tolte via; è dunque il *simoun* del Sahara che le ha disseminate sul Mediterraneo o projettate fino sulla nostra costa.

Il signor Breton, professore a Grenoble, ha osservato che tale residuo era affatto analogo a quello da lui raccolto a Valenza nel settembre 1846, dopo la pioggia rossa di cui parlavamo or ora.

Come lo si era presunto, la sabbia veniva infatti dal Sahara. Risulta da un' altra relazione che il 3 marzo 1869 l' Algeria è stata il teatro di un violentissimo uragano.

Presso El-Outaia i nostri soldati sono stati sorpresi dal vento tra un mare di sabbia. Essi hanno dovuto impiegare 4 ore e mezzo a percorrere 11 chilometri. « Da 17 anni che io sono in Algeria, disse un testimonio oculare, non avevo mai assistito a una tormenta simile. Alla nostra piccola colonna fu giocoforza fermarsi, e si dovettero pigliare le maggiori precauzioni per raggrupparla ed evitare di smarrire qualche soldato. Alla seconda sosta forzata volgemmo le spalle al vento, e per un' ora e mezzo non fu possibile di scorgere nè sole nè cielo, quantunque non avessimo notato anteriormente che leggierissime nubi sul nostro capo. Per interi quarti d' ora non vedevasi più il proprio vicino sdrajato alla distanza di 2 o 3 metri. »

La pioggia rossa caduta a Napoli era stata presa certamente il giorno innanzi nelle sabbie del Sahara, messo pure sossopra dalla tempesta, che del resto si estese sull' intera Europa, sul Mediterraneo e sull'Africa Questi fenomeni sono intimamente collegati ai grandi movimenti dell' atmosfera, come il signor Tarry ha testè osservato con molto acume.

Dieci giorni dopo la pioggia rossa precedente, il 20 marzo, una gran tempesta proveniente dall' Inghilterra, assale le coste settentrionali della Francia. Il 20, un centro di depressione atmosferica molto risentito esiste a Boulogne (734 millimetri); il 21, è già a Lesina, sull'Adriatico. Per più giorni un fortissimo vento di nord-ovest conturba la Francia, poi l' Italia. Il 22, il ciclone è sull' Africa, ove solleva come dianzi le sabbie del Sahara; poi determinasi il movimento di ritorno, manifestasi di nuovo un abbassamento barometrico sul mezzogiorno dell' Europa, dove la pressione erasi rialzata dopo il passaggio del ciclone. Il 24 il barometro scende a 740 millimetri a Palermo, a 742 a Roma: il vento piglia una violenza inaudita; a Roma il meteorografo del P. Secchi indica una velocità di 640 miglia in ventiquattr'ore, la maggiore che sia stata raggiunta in tutto l' anno.

Nello stesso tempo, il 23 marzo, osservasi in Sicilia che l' atmosfera è gravida di nubi dense e di una polvere giallognola che dà al cielo un aspetto insolito. Venuta a cadere la pioggia, ogni goccia lascia un residuo giallo che si può separare interamente soltanto dopo due o tre filtrazioni. Cotesta sostanza conteneva argilla calcare, perossido d'idrato di ferro, cloruro di sodio, silice e materie organiche azotate.

Il fenomeno medesimo si è osservato a Subiaco, presso Roma, ed a Lesina nell' Illiria. Così, ecco i prodigi di cui parla Tito Livio, oggi registrati dall' Osservatorio di Parigi.

L' ultima pioggia rossa notevole è quella del 13 febbrajo 1870.

Il 7 febbrajo fu constatata in Inghilterra una gran depressione barometrica; il barometro segna 745 millimetri a Penzance; il 9 essa scende sul Mediterraneo; il 10 è sulla Sicilia, dove il barometro è più basso che a Roma. Tale abbassamento barometrico è accompagnato da furiosa tempesta; a Roma, il vento soffia dal settentrione con violenza per tre giorni, l' 8, il 9 ed il 10. Sotto questa glaciale influenza, un freddo terribile regna in Francia ed in Italia; nevica a Roma nelle notti dell' 8 e del 9. L' 11 ed il 12 il tempo si rabbonisce e il barometro risale; il ciclone è sull' Africa, ove solleva le sabbie del Sahara. Poi il moto d'arretramento, di cui abbiamo parlato, non tarda a farsi sentire; il 12 il barometro cade a 743 millimetri al sud della Spagna; un vento furioso del sud non desiste dal soffiare il 13 ed il 14 sulla Spagna e sull' Italia; l' Africa rimanda, come precedentemente, all' Europa il ciclone ch'essa ha ricevuto ne' giorni anteriori coll' uragano che l'accompagna, più la sabbia tolta da quello al Sahara. Infatti, il 13 febbrajo,

alle 2 pom., la presenza di una sabbia rossiccia nell'acqua di pioggia è constatata nei dintorni di Roma, a Subiaco, dal signor Alvarez; a Tivoli dal P. Ciampri e a Mondragone dal P. Lavaggi. Nella notte dal 13 al 14 cade a Genova una materia terrosa e rossa, e a Moncalieri il P. Denza, direttore dell'Osservatorio, raccoglie *neve rossa* contenente questa stessa sabbia.

Codesta rivista storica delle pioggie di sangue ci dimostra: 1.° ch'esse sono reali; 2.° che il più delle volte dipendono da polveri sollevate dal vento a regioni spesso lontanissime; 3° che non sono così rare come lo si suppone. Quelle che sono state autenticamente constatate in Europa ed in Algeria nel nostro secolo ed hanno avuto qualche importanza per la loro densità ed estensione, sono in numero di 22:

1803, febbrajo . . .	Italia.
1813, »	Calabria.
1814, ottobre. . . .	Oneglia fra Nizza e Genova.
1819, settembre. .	Studein, Moravia.
1821, maggio. . . .	Giessen.
1839, aprile	Philippeville, Algeria.
1841, febbrajo . . .	Genova, Parma, Canigon.
1842, marzo	Grecia.
1846, maggio. . . .	Siam, Chambéry.
1846, ottobre. . . .	Delfinato, Savoja, Vivarese.
1847, marzo	Chambéry.
1852, marzo	Lione.
1854, maggio. . . .	Harburg, presso Colmar.
1860, 31 dicembre	Siena.
1862, marzo	Beaunan, pres. Lione.
1863, marzo	Rodi.
1863, aprile	Fra Lione e l'Aragona.
1868, 26 aprile . .	Tolosa.
1869, 10 marzo . .	Napoli.
1869, 23 marzo . .	Sicilia.
1870, 13 febbrajo .	Roma.
1872, 7 marzo . . .	Roma.

Vedesi che sì bizzarre pioggie, il più delle volte, determinansi all'epoca delle tempeste equinoziali di primavera o d'autunno. Sappiamo ch'esse ponno essere cagionate dalle traccie di certe farfalle. Una terza causa dev'essere ancora qui notata: a quella che proviene dai vulcani, le cui ceneri possono essere trasportate dai venti a immense distanze. Citerebbonsi numerosi esempî.

Ecco ora una serie d'altre pioggie prodigiose ricordate dalle cronache antiche, esagerate ed interpretate in modi diversi, delle quali non è sempre facile dare spiegazione.

Le *pioggie di latte* sono spesso menzionate. Così Ossequente riferisce che sul territorio di Veja, nel 629, piovve latte e olio. La mancanza di qualsiasi indicazione positiva sui fatti di tal natura autorizza, tutt'al più, ad arrischiare alcune congetture riferentesi alle eruzioni vulcaniche od all'inalzamento di terre bianche, cretose, per effetto di uragani. Nell'anno 620 di Roma, rivi di latte scorsero nell'agro romano. Nel 643 piovve latte per tre giorni, in un luogo non indicato; numerose vittime furono immolate in occasione di tal prodigio. Cotesti pretesi ruscelli di latte

sono nn fenomeno comune in certi paesi; la lavatura delle terre bianche per opera delle pioggie basta a produrre l'illusione.

Dione Cassio parla di una pioggia dall'aspetto di latte, e che, cadendo su monete o vasi di rame, diede loro per tre giorni l'apparenza dell'argento. Se il fatto è vero, è evidente che trattasi qui di mercurio sublimato che ricade per effetto della condensazione. Ma come e in quali condizioni sarebbero avvenute codeste sublimazioni e codeste condensazioni? Ecco ciò che occorrerebbe sapere per dar fede al sedicente prodigio.

Glycas indica parimente una pioggia di mercurio, che può essere la stessa della precedente, quantunque sia riferita al tempo d'Aureliano.

Noi possiamo paragonare con queste pioggie un fenomeno, che è stato troppo spesso studiato in tali circostanze perchè la sua realtà sia posta in dubbio. Intendiamo parlare dell'apparenza di *croci* sugli abiti. Eccone alcuni esempi.

Nel 764, a Tours, i disordini dei frati della chiesa di San Martino attirarono la collera di Dio. Cadde sangue dal cielo, e sul vestito degli uomini apparvero delle croci (Gregorio di Tours).

Fritsch segnala, nel 783, una pioggia di sangue e croci sugli abiti, senza che si tratti di pioggia.

Nel 1094 cadono croci dal cielo sulle tonache dei sacerdoti, al certo per ammonirli della loro empietà, dice G. Schott.

L'anno 1534, in Isvezia, cadde una pioggia che lasciava sugli abiti traccie di croci rosse. Cardano spiega questo fenomeno dicendo che polveri rosse erano stemperate nell'acqua di pioggia, e che le croci erano formate da goccie cadenti sulla trama del tessuto. Fromond e Schott non ammettono siffatta spiegazione, imperocchè, essi dicono, le croci non si formavano soltanto su quelle parti del vestito, bensì sulla totalità, e perchè facendo cadere delle goccie di sangue sovra un tessuto non pigliano mai tal forma. In questo fatto vi sarebbe dunque stato l'intervento della divinità.

Ma c'è di meglio. Le cronache riferiscono che (nel 1501) in Germania e nel Belgio, le croci non solo piovvero sugli abiti, *anche chiusi nei bauli* (per questi ultimi, almeno, dovriasi dire: le croci *si formarono* e non *piovvero*) e specialmente sulle vesti delle donne, ma altresì stamparonsi sulla pelle delle persone, e financo sul loro pane. Questo prodigio durò tre anni, rinnovandosi al tempo della Passione e della Pasqua; senza dubbio, dice il narratore della cronaca, per inspirare il rispetto troppo spesso dimenticato che dobbiamo al sangue ed alla croce del Signore. Giovanni di Horn, principe di Liegi, rese conto all'imperatore Massimiliano I dell'osservazione fatta da lui su una giovane di ventidue anni di quella città, i cui indumenti coprivansi di continuo di croci sanguigne, quantunque li cambiasse ad ogni momento.

Dal sangue alla carne il passaggio è diretto. Riferiamo il fatto che segue, citato da Ossequente. « Nell'anno di Roma 273 la carne cadeva dal cielo come neve, in pezzi più o meno grossi. Quella che non fu divorata dagli uccelli non isparse odore e non subì alcuna alterazione. » Quest'ultima caratteristica dimostrerebbe ad evidenza, se vi fosse bisogno, che non si tratta qui di vera carne animale, essendo la carne essenzialmente putrefattibile. Qual era dunque questa sostanza caduta dal cielo?

Potrebbesi stabilire qualche analogia fra la caduta di cotesta materia solida e quella della manna degli Ebrei? Nel ricordare che trovasi in molte fonti termali solforose un prodotto d'apparenza animale, che imita la carne, è un varcare i limiti della verosimiglianza scientifica il supporre che le condizioni necessarie alla formazione di tale sostanza si fossero per caso incontrate nell'atmosfera? È egli più saggio l'opporre a tal fenomeno una negazione assoluta? chiede il dottor Grellois. Ciascuno è libero di pronunciare quel giudizio che più gli torna.

Fig. 202. — Pioggia di scarafaggi.

Ricordiamo però che si citano altri esempî di pioggie di sostanze nutritive. Così, a' tempi nostri, nel 1824 e nel 1828, si vide in una provincia della Persia, cadere una pioggia di tal genere, in alcuni punti sì abbondante che copriva il suolo all'altezza di cinque o sei pollici. Era una specie di lichene già conosciuto; gli armenti, e specialmente i montoni, se ne nutrivano con avidità; se ne fece perfino del pane.

Ai fatti precedenti può collegarsi la caduta di materie molli, segnalata da Muschenbroeck e che videsi in Irlanda, nel 1675. Era una pioggia di sostanza grassa

come burro, glutinosa e che si rammolliva in mano, ma che staccavasene al fuoco e pigliava odore cattivo.

L'abate Richard riferisce i due fatti seguenti, da lui chiamati pioggie di fuoco. Nel mese di novembre del 1741, una nube cacciata da fortissimo vento di levante, dopo di aver urtato più volte contro le montagne che sono al disopra della città d'Almeria, nel regno di Granata in Ispagna, si ruppe e ne uscì una pioggia di ardenti scintille che non solo appiccarono il fuoco a tutta la campagna intorno, ma altresì a parte della squadra comandata dal signor di Court, che stava allora nel porto d'Almeria.

Il 10 marzo 1695, verso le 7 pom., a Châtillon sulla Senna, levossi un gran temporale; infiammatasi la testa della nube che sembrava l'eccitasse, l'aria apparve di fuoco; coloro che la videro furono spaventati e supposero che i villaggi fossero interamente consumati dal fuoco che cadeva da ogni parte in scintille simili a quelle che spiccansi dal ferro rovente quando vien battuto. Quando erano cadute, ruzzolavano per qualche tempo a terra e diventavano turchine, poi spegnevansi. Questa pioggia di fuoco durò un quarto d'ora, occupò una grande estensione di terreno dove non cagionò incendio veruno. Sul finire dell'uragano cadeva la neve a larghe falde.

Nell'828 caddero dal cielo pallottoline simili a quelle del grano, ma più piccole. A fianco di quest'insolito fatto si mettono le vittorie dei Saraceni e dei Turchi.

Tanto questo fatto come il seguente, narrato da Jonston, si possono accertare senza difficoltà. Per lo spazio di due ore, nella Carinzia, sovra una superficie di due miglia, caddero grani di frumento coi quali si potè far pane.

Ammettiamo anche volentieri il racconto di Cassiodoro, il quale assicura che presso gli Atrebati, nel 371, piovve lana mista ad acqua.

Le pioggie di solfo, di frequente citate, non sono di solito che il polline di certe piante dioiche, specialmente pini e nocciuoli, il quale dai venti può venir trasportato a grandi lontananze. Senza risalire alla pioggia di solfo che distrusse Sodoma e Gomorra, tuttavia non si possono mettere in dubbio certe cadute di solfo che sembrano bene constatate. Olaus Wormius narra che, il 16 maggio 1646, cadde a Copenaghen una pioggia abbondantissima, la quale inondò tutta la città; essa conteneva una polvere esattamente simile al solfo per colore, e per l'odore. Al dire di Simone Paulli, il 19 maggio 1665 cade in Norvegia, in una tempesta orribile, una polvere affatto simile al solfo, che, gettata nel fuoco, esalò lo stesso odore, e che, mischiata collo spirito di trementina, produsse un liquore il cui odore somigliava perfettamente a quello del balsamo di solfo. La vicinanza dei vulcani d'Islanda può bastare alla spiegazione di tali fatti. Fenomeni della stessa natura non sono rari a Napoli. Sigesbeck fa menzione, nelle memorie di Breslavia, di una pioggia di solfo caduta nella città di Brunswik, *e che era vero solfo minerale.*

Il fatto avrìa bisogno di conferma. Quanto alle pioggie di polline, di fiori, di foglie, sono state constatate autenticamente.

A Autrèche (Indre e Loira), il 9 aprile 1869, alle 12.10 pom., l'aria era calma e senza veruna nube. Il signor Jallois riferisce che un suo corrispondente constatò una pioggia di foglie secche di quercia, caduta dalle regioni elevate dell'atmosfera; a sua vista era acutissima: ei le vedeva apparire come punti brillanti sull'azzurro

del cielo a grandissima altezza, e cadere a lui d'intorno seguendo una trajettoria quasi verticale, lievemente inclinata dall'ovest. E fu testimone di questo fenomeno per circa dieci minuti; ma la pioggia di foglie era cominciata probabilmente prima della sua uscita. Un bacino d'acqua nelle vicinanze, sulla quale galleggiavano queste foglie, ne mostrava una almeno ogni metro quadrato.

Pare sia tal fenomeno la conseguenza di una gran burrasca avvenuta il 3 aprile; le foglie di quercia sollevate da un turbine e trasportate nelle alte regioni dell'atmosfera sarebbero state sostenute dal vento sei giorni, e sono cadute quando s'è ristabilita la tranquillità.

La pioggia di foglie di quercia mi rammenta una pioggia di melarancie.

L'8 luglio 1833, una tromba formatasi sul mare alla punta di Posilippo, presso Napoli, irruppe sulla riva e vuotò completamente due grandi canestri d'aranci; alcuni istanti dopo, e a rispettabile distanza, una giovane che passeggiava su un terrazzo vide cadersi ai piedi una pioggia d'aranci; fenomeno assai più grazioso che una pioggia di rane e di rospi, ma più sorprendente, poichè gli aranci sono molto più voluminosi e pesanti di quegli animaletti, che sonosi pure veduti nelle pioggie di temporale.

Dopo le pioggie di vegetali, ecco ora osservazioni ancor più curiose e constatate in modo irrecusabile. Sono le *pioggie di animali viventi*.

Abbiamo già veduto, nel capitolo delle trombe, che tali meteore possono sollevare l'acqua degli stagni co' pesci che contiene. Il meteorista Peltier narra come un giorno ricevesse sul capo delle rane portate da una tromba. Il fatto avvenne a Ham nel 1835, e fu debitamente constatato. Citiamone uno assai più recente.

Nella notte dal 29 al 30 gennajo 1869, verso le 4.30 ant., dopo un fortissimo vento, la neve è caduta fino a giorno (Arache, alta Savoja), e la mattina furono trovate sulla neve molte larve viventi. Erano nella massima parte quelle del *Trogosista mauritanica*, comune sugli annosi alberi nelle foreste del mezzogiorno della Francia. Si trovarono pure alcune larve d'una farfalletta della tribù dei notteliani, probabilmente della *Stibia stagnicola*. Questo bruco giunge al maggior sviluppo nel febbrajo, ed abita il centro ed il sud della Francia. La sola spiegazione che potrebbesi dare intorno a tal pioggia d'insetti ad Arache, a 1000 o 1200 metri d'altitudine, la si troverebbe in un vento fortissimo che li abbia trasportati da qualche punto della Francia meridionale.

Nel novembre del 1854, mentre spirava un vento fortissimo, parecchie migliaja d'insetti, viventi la più parte, caddero sovra un boschetto nei dintorni di Torino.

Gli uni erano allo stato di larva, gli altri allo stato d'insetto perfetto, ed appartenevano tutti ad una specie dell'ordine degli emipteri, che non è mai stata trovata fuorchè nell'isola di Sardegna.

Gli autori antichi ci narrano sovente di siffatte cadute d'insetti.

In Atene, Filarco racconta di aver veduto cadere dal cielo pesci e rane in gran quantità e in varî luoghi. Lo stesso autore fa la citazione seguente: « Eraclide

Lembo, nel ventunesimo libro delle *Storie*, dice che Dio fece piovere delle rane, intorno alla Penia ed alla Dardania, in tanta quantità che le case e le strade ne erano coperte. Si chiusero le case e se ne uccisero molte, se ne trovarono di mischiate agli alimenti e cotte con essi; le acque ne erano piene; non si poteva por piede a terra. La decomposizione de' loro cadaveri siffattamente appestò col suo cattivo odore, che si dovette disertare il paese.

Fromond pretende che alle porte di Tournay, nel 1625, mentre intrattenevasi con alcuni amici, un'improvvisa pioggia cadde su una polvere secca, e fe' apparire ad un tratto un esercito tale di rane, che da ogni parte quasi non vedevasi altro, tutte della stessa grandezza e dello stesso colore.

Porta dice di aver vedute spesso, fra Napoli e Pozzuoli, nascer rane in mezzo alla polvere asciutta bagnata d'improvviso. Questa particolarità, aggiunge, è conosciuta da molti abitanti delle due città.

Tali subitanee comparse di rane e di rospi sono dovute, per la maggior parte, all'uscir che fanno questi animali, e di buona voglia, dai loro bassi fondi dopo le pioggie di temporale, chè possono facilmente attraversare strade. In rarissime circostanze però ponno le trombe inalzare pesci o rane.

Le pioggie di cavallette provengono da carovane volanti di questi ortopteri e specialmente della locuste nomade. Codesti insetti diventano il flagello dell'agricoltura. Essi giungono sostenuti dai venti, cadono e cambiano in arido deserto il paese più fertile. Visti da lontano, i loro stormi innumerevoli hanno l'aspetto di nubi tempestose. Queste nubi sinistre nascondono il sole sin dove si possono spingere gli occhi, il cielo è secco e il suolo inondato da tali insetti. Il ronzio di tanti milioni d'ali è paragonabile al rumore d'una cateratta. Quando l'orribile esercito si lascia cadere a terra, i rami degli alberi si spezzano. In poche ore, e sovra una estensione di più leghe, qualsiasi vegetazione è scomparsa. I grani sono rosi fino alla radice, gli alberi spogliati delle fronde. Tutto è stato distrutto, tritato, macinato, divorato. Quando non rimane più nulla, il terribile sciame s'inalza, come a un dato segnale, e riparte lasciando dietro di sè la desolazione e la carestia.

Accadde sovente che, dopo di aver tutto devastato muojono di fame prima di figliare. I loro innumerevoli cadaveri, ammucchiati e scaldati al sole, non istanno molto ad entrare in putrefazione. Per le infette esalazioni che se ne sviluppano, dichiaransi malattie epidemiche che decimano le popolazioni.

Nel 1748 queste locuste fermarono l'esercito di Carlo XII re di Svezia, in ritirata nella Bessarabia, dopo la disfatta di Pultawa. Il re credevasi assalito da un temporale di grandine, allorchè una nube di tali insetti precipitossi d'improvviso sul suo esercito. L'arrivo degli animaletti era stato annunciato da un fischio simile a quello che precede la tempesta, ed il rumore del loro volo copriva il muggito del mar Nero. In breve le campagne ne andarono devastate.

Nel mezzodì della Francia le locuste si moltiplicano talvolta si prodigiosamente, che in poco tempo si ponno empire molti barili colle loro uova. Ricordansi specialmente gli anni 1805, 1820, 1822, 1824, 1825, 1832 e 1834.

Mézeary narrò che nel mese di gennajo 1613, sotto Luigi XIII, le locuste fecero

invasione nella campagna d'Arles. In sette od otto ore i grani ed i foraggi furono divorati fino alla radice, sovra un'estensione di paese di 15 000 arpenti. Esse passarono poi il Rodano, andarono a Tarascon ed a Beaucaire, dove mangiarono le verdure ed il trifoglio. Indi trasferironsi ad Aramon, a Monfrin, a Valabrègues, ecc., dove per buona sorte furono in gran parte distrutte dagli stornelli e da altri uccelli insettivori, a stormi immensi accorsi alla formidabile caccia.

I consoli d'Arles e di Marsiglia fecero raccogliere le uova. Arles spese per questa caccia 25 000 franchi e Marsiglia 20 000; 300 quintali d'uova furono seppellite e gettate nel Rodano. Se calcolansi 1 750 000 uova al quintale, avrebbesi un totale di 5 miliardi 250 milioni di cavallette distrutte in germe e che altrimenti avrebbero in breve rinnovate le devastazioni di cui il paese era stato vittima.

Nel 1825, nel territorio di Saintes-Maries, non lungi da Aigues-Mortes sulle rive del Mediterraneo, 1518 sacchi da grano furono ricolmi di cavallette morte, del peso di 68 861 Kg.; 165 sacchi, o 6600 Kg. furono raccolti ad Arles.

L'Algeria è talvolta devastata da invasioni di locuste. Sono ivi in grandi proporzioni gli anni delle locuste, come da noi si hanno gli anni degli scarafaggi, delle pulci di terra, dei bruchi, ecc. Fortunatamente tali flagelli sono rari. I più terribili caddero nel 1845 e nel 1866.

Si sono vedute altresì vere pioggie di scarafaggi scendere come da densa nube e coprire le campagne e le strade.

Come per le cavallette, vi sono sciami d'insetti da una provincia all'altra. Nubi di coleotteri, non sollevati da una tromba, ma di solito trasportati dal vento, emigrano da un paese quando vi hanno tutto devastato.

Per fornir l'idea del prodigioso numero cui giungono gli scarafaggi in alcune circostanze, citeremo alcune date storiche.

Nel 1374 furono sì abbondanti questi insetti in Inghilterra, che impedirono a molti molini di girare sulla Saverna.

Nel 1688, nella contea di Galway, in Irlanda, formavano una nube sì densa, che per lo spazio di una lega ne rimase oscurato il cielo: i contadini duravano fatica ad aprirsi un varco nei luoghi dove gl'insetti si fermavano. Essi distrussero tutta la vegetazione, per modo che il paesaggio prese il desolato aspetto invernale. Le loro voraci mascelle facevano un rumore paragonabile allo stridere della sega in un grosso tronco: e alla sera il ronzìo delle loro ali somigliava a lontani rulli di tamburo. Gli sventurati Irlandesi furono ridotti a tal punto da far cuocere i loro invasori e mangiarli in mancanza d'altro nutrimento.

Nel 1804, immense nubi di scarafaggi, precipitati da un forte vento nel lago di Zurigo, formavano sulla riva un grosso banco di corpi ammonticchiati, le cui putride esalazioni ammorbavano l'atmosfera.

Nel 1832, il 18 maggio, alle 9 pom., una legione di scarafaggi assalì una diligenza, fig. 202, sulla strada da Gournay a Gisors, all'uscita dal villaggio di Talmontiers, con tale violenza, che i cavalli, acciecati e spaventati, non vollero andar oltre; onde il conduttore fu costretto a retrocedere fino al villaggio, per aspettarvi la fine di quella grandine di specie nuova (FIGUIER, *gli Insetti*).

Tale è la serie delle pioggie di sangue, di terra, di vegetali e d'animali registrata dalla storia della meteorologia. E qui faremo punto. Nella stessa guisa che nel capitolo precedente abbiamo veduto scrittori parlare di tempeste grosse come un elefante, così in quest'argomento l'esagerazione ha talvolta decuplicato e centuplicato gli effetti autentici. E però, qualunque sia la forza favolosa che il vento possa acquistare, lascieremo nel dominio della favola la storia d'Avicenna, principe dei medici arabi, che afferma aver veduto cadere dalle nubi il corpo intiero di un *vitello*. Nondimeno Saverio de Maistre riferisce con serietà che una giovane fu portata via da una tromba nel 1820; è cosa più aerea e più accessibile alla presa dello zefiro omerico; tratterebbesi di sapere fino a quale altezza la vergine leggiera sia stata elevata. Nel diciasettesimo secolo Cabeus aveva riferito che a Mantova, verso il 1618, un vento violentissimo rapì una donna che lavava le biancherie nel lago. È la stessa canzone. In fatto di animali grossi, la storia più audace di simil genere è la più vecchia: quella del leone di Nemea che cade dalla luna nel Peloponneso... Centinaja di chilogrammi precipitano talvolta dal cielo, come abbiamo veduto parlando degli aeroliti. Ma gli altri mondi finora non ci hanno mandato che pietre. Gli animali, i pesci, gl'insetti, i semi, le foglie cadenti dal cielo sono originarî della Terra, per quanta soddisfazione potremmo sentire nel ricevere campioni le' regni animale e vegetale di Marte e di Giove.

LIBRO SESTO

L'ELETTRICITÀ — I TEMPORALI E I FULMINI

CAPITOLO I.

L'elettricità sulla terra e nell'atmosfera.

STATO ELETTRICO DEL GLOBO TERRESTRE — SCOPERTA DELL'ELETTRICITÀ ATMOSFERICA — ESPERIENZE DI OTTO DI GUERICK, WALL, NOLLET, FRANKLIN, DE ROMAS, RICHMANN, SAUSSURE, ECC. — ELETTRICITÀ DEL SUOLO, DELLE NUBI, DELL'ARIA — FORMAZIONE.

Nei primi libri di quest'opera abbiamo imparato ad apprezzare l'aria considerata in sè stessa, la sua azione, la sua importanza nella vita terrestre. Abbiamo quindi studiata la distribuzione del calore sul globo e nell'atmosfera, e riconosciuta l'azione permanente di cotesta forza gigantesca che agita di continuo la gran fucina nel fondo della quale respiriamo. Più tardi l'attenzione nostra si è portata sovra un elemento non meno considerevole, sull'acqua, esaminata nella sua distribuzione alla superficie del globo e nell'atmosfera, sempre unendo nella contemplazione nostra il globo solido ed il fluido vitale che lo circonda, perchè l'azione loro reciproca si concatena strettamente; e nello studiare l'atmosfera non abbiamo, alla fin dei conti, nè altro scopo nè altro risultato che lo studio della vita terrestre nel generale suo complesso. Veniamo ora all'agente più maraviglioso e singolare che esista, il cui studio compirà e chiuderà l'immenso panorama da noi in quest'opera sviluppato. Discorriamo dell'*elettricità,* dei temporali e del fulmine.

Siffatto studio non è semplicissimo; ma saremo ricompensati per la nostra attenzione dagli spettacoli prodigiosi che si riveleranno ai nostri sguardi. Esaminiamo dapprima, secondo il nostro metodo generale, la sua distribuzione sulla Terra e nell'atmosfera.

Ma, entrando nel suo dominio, vediamone dapprima la storia alquanto bizzarra.

Potremmo senza dubbio risalire fino a Numa Pompilio, che pare abbia conosciuto, come gli Etruschi, l'affinità del fulmine per le punte, la sua conduttibilità pel ferro, e siasi provato egli stesso a sviare il fulmine come oggi facciamo coi parafulmini. Potremmo mettere in iscena il suo successore, il re Tullo Ostilio, fulminato come lo fu il fisico Richmann, nel secolo scorso, per aver mancato a certi riti, a certe precauzioni senza le quali è pericoloso lo scherzare col fulmine. Potremmo insomma esporre il modo col quale i Romani avevano interpretate le diverse specie di lampi e di tuoni, dividendoli in fulmini nazionali, fulmini individuali, fulmini di famiglia, fulmini di consiglio, fulmini d'autorità, fulmini monitorî, postulatorî, confermatorî, ausiliarî, fulmini sgradevoli, perfidi, pestiferi, minacciosi, micidiali, ecc. Ma questo libro è già troppo voluminoso, e temo, caro lettore, di abusare già troppo della vostra provata pazienza; eccoci alla pagina 632, ciò che mi spaventa e mi dispererebbe se non avessi apprezzato l'immensità del mondo atmosferico nelle seicento leghe da me percorse in pallone. Pure, ad onta di tutto ciò, è uopo far sosta, anche nel mezzo de' più splendidi paesaggi, anche nelle passeggiate dolci e malinconiche della sera: è uopo far sosta, ma vedere però più che sia possibile, come abbiamo tentato di farlo abbracciando lo spettacolo della natura, dalle risplendenti opere del sole estivo fino ai pallidi chiarori del silenzioso chiaro di luna. Piglieremo riposo tra poco; ma non avremmo apprezzato l'opera dell'atmosfera nella sua estensione, se non vedessimo scagliarsi il temporale sotto gli occhî nostri, scoppiare l'ira sua nel seno delle nubi squarciate, la folgore precipitare nelle sue rintronanti convulsioni, e scomparire esaurita da scariche molteplici. Fra tutti i fenomeni atmosferici, nessuno pone in moto forze più sottili e in uno più formidabili, da un lato più repentine, dall'altro più giudiziose e metodiche. È tal fatto che sorprende: da Roberto Hondin fino ai sonnamboli exstralucidi, nessun giuoco di prestigio, nessun fenomeno medianimico, forse, è superiore agli atti del fulmine.

Dicevamo sarebbe superfluo il risalire agli antichi nella relazione di cui stiamo per occuparci. Non possiamo omettere altrettanto facilmente i moderni. Vediamo in due parole questa storia.

Otto di Guericke, borgomastro di Magdeburgo e celebre inventore della macchina pneumatica, fu il primo che scoperse, verso il 1680, alcune apparenze di luce elettrica. Il dottor Wall, quasi nello stesso tempo, eccitando l'elettricità sovra un gran cilindro d'ambra, osservò una scin-

tilla più viva e un rumore molto più forte; e, cosa degna d'osservazione, questa prima scintilla prodotta dalla mano degli uomini fu tosto paragonata agli scoppî della folgore. La luce e lo scoppiettio, dice Wall nella sua memoria (*Trans. philos.*), rappresentano in certo modo il tuono ed il lampo. L'analogia era chiarissima, bastava l'imaginazione per afferrarla; ma, per dimostrarne la verità, per trovare in un fenomeno sì piccolo le cause e le leggi del maggior fenomeno della natura, richiedevasi una serie di prove che potevansi solo aspettare da un genio superiore. Nondimeno parecchî fisici ricercavano siffatte prove in ravvicinamenti più o meno ingegnosi; alcuni osservavano che la scintilla è *uncinata* come il lampo, altri reputavano che il tuono sta fra le mani della natura come l'elettricità fra le nostre: « Confesso che questa idea mi piacerebbe assai, diceva l'abate Nollet, se fosse ben sostenuta: e per

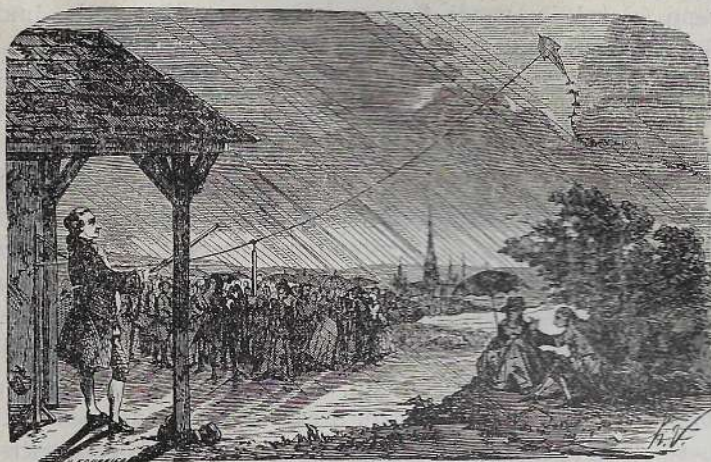



Fig. 203. — Esperienze di Franklin e di Romas.

sostenerla, quante ragioni speciose! » Infine tutto risolvevasi in ragionamenti che non potevano approdare a nulla; perchè in fisica l'esperienza sola deve dare le proprie conclusioni. Mentre così ragionavasi in Europa e in tutto il vecchio mondo erudito sulla grande questione, facevansi esperienze in America, da un popolo nuovo, conosciuto appena nelle scienze, e queste esperienze occupavansi direttamente del fulmine. Franklin trovava il mezzo di farlo scendere dal cielo per interrogarlo sulla sua origine. In seguito a varie scoperte elettriche, in ispecie sulla bottiglia di Leida e sul potere delle punte, Franklin concepì l'ardito pensiero di andar a cercare l'elettricità in seno alle nubi. Mercè alcune prove decisive egli aveva conchiuso che un'asta di metallo acuminata, elevata a grande altezza sulla sommità d'un edificio, doveva ricevere l'elettricità dalle nubi temporalesche. Egli aspettava con ansia

la costruzione di un campanile che in tal tempo volevasi edificare a Filadelfia; ma, stanco di aspettare e impaziente di eseguire un'esperienza che dissipasse ogni dubbio, si appigliò ad altro mezzo più speditivo e non meno sicuro pei risultati. Siccome trattavasi unicamente di portare un corpo nella regione del tuono, cioè a sufficiente altezza nello spazio, Franklin imaginò che il cervo volante, trastullo dei ragazzi, potrebbe servirgli nè più nè meno di qualunque campanile. Preparò quindi due bastoncini in croce, un fazzoletto di seta, una corda di conveniente lunghezza, e, approffittando del primo uragano, andò ne' campi a tentare l'esperimento. L'accompagnava una sola persona: suo figlio. Nel timore del ridicolo, che non manca di ricompensare i tentativi infruttuosi, come egli lo dice ingenuamente, non aveva voluto confidare il suo divisamento a nessuno. Il cervo volante era nell'aria. Una nube assai promettente non aveva prodotto verun effetto; altre nubi si avanzavano, e può il lettore figurarsi l'inquietudine colla quale erano attese. Tutto pareva tranquillo, non vedevasi nessuna scintilla, verun segno elettrico; infine però alcuni filamenti della corda cominciavano a sollevarsi come se fossero stati respinti; si fece udire un lieve rumorìo: incoraggiato da queste apparenze elettriche, Franklin presenta il dito alla estremità della corda e vede tosto una viva scintilla, che vien subito seguita da parecchie altre. Ond'è che, per la prima volta, il genio dell'uomo potè scherzare col fulmine e sorprendere il segreto della sua esistenza.

L'esperienza di Franklin avvenne nel giugno 1752, e fu ripetuta in tutti i paesi còlti, e dappertutto collo stesso esito fortunato. Un magistrato francese, De Romas, assessore al presidiale di Nerac, mettendo a profitto il primo pensiero di Franklin, che era stato pubblicato in Francia, aveva imaginato anche di sostituire il cervo volante alle sbarre elevate; e, nel mese di giugno del 1752, prima di aver sentore dei risultati di Franklin, aveva ottenuto dei segni elettrici assai, mercè l'applicazione della fortunata idea di mettere un filo di metallo in tutta la lunghezza della corda, che misurava 260 metri. Più tardi, nel 1757, De Romas ripetè di nuovo tali esperienze durante un temporale, ed ottenne scintille di grandezza sorprendente. Imaginatevi lingue di fuoco lunghe nove o dieci piedi e larghe un pollice, che facevano altrettanto e forse più rumore di una pistolettata. In meno d'un'ora ebbe certamente 30 lingue di tale dimensione, senza tener conto di mille altre di sette piedi o meno. Un gran numero di persone e signore, cui il temporale non impauriva, assistevano alle esperienze fatte a spese della natura stessa.

Siffatte prove non erano senza pericolo, come di leggieri si può arguire. Una volta De Romas fu rovesciato da una scarica troppo forte, ma senza riceverne ferita grave. Lo sfortunato fu Richmann, membro dell'Accademia delle scienze di Pietroburgo, che perdette la vita in un esperimento. Questi aveva fatto scendere dal tetto della casa nel suo

gabinetto di fisica un palo di ferro isolato, che gli conduceva l'elettricità atmosferica di cui ogni giorno misurava la intensità. Il 6 agosto 1753, nel buono di un temporale, tenevasi a debita distanza dalla sbarra per evitare le scintille forti e aspettare il momento di misurarle, quando, entrato improvvisamente il suo incisore, Richmann fece verso di lui alcuni passi che troppo lo avvicinarono al conduttore. Un globo di fuoco turchiniccio, grosso come un pugno, lo colpì in fronte e lo stese cadavere.

Da cento anni in qua, allo studio dell'elettrico fu doppiamente atteso da esperienze compiute e nei laboratorî di fisica e nell'atmosfera. È noto a quali splendidi risultati, a quali meravigliose conseguenze siano pervenute le prime; la telegrafia elettrica, che ci fa intrattenere a voce bassa coi nostri vicini d'America e porta il pensiero e le palpitazioni della vita dei popoli attraverso il mondo incivilito, la galvanoplastica, che riproduce fedelmente i capolavori della statuaria e dell'incisione, ne sono le due più importanti applicazioni (1). Le esperienze sulla elettricità atmosferica, consacrate a fenomeni più complessi e più potenti, hanno guidato ad acquistare una nozione esatta delle qualità dell'elettrico e delle sue varie manifestazioni.

L'elettricità è una *forza* la cui intima natura, al pari di quella della luce, del calore, dell'attrazione, ci resta sconosciuta. Questa *forza* produce degli effetti; e lo studio di essi costituisce appunto la scienza. Per ispiegare tali effetti, ammettesi: 1.° che l'elettricità è un fluido sottile, suscettivo di aumentarsi, di condensarsi, di rarefarsi, di scaricarsi da un corpo all'altro, di superare immense distanze con una velocità giudicata superiore a quella della luce, la quale nondimeno è di 77 000 leghe al secondo: 2.° che questo fluido ha due modi di esistenza, due modi di manifestazione, chiamati *positivo* l'uno, *negativo* l'altro. Sono queste distinzioni non esistenti in natura e cagionate, pei sensi nostri, solo da variazioni d'intensità relativa. Checchè ne sia, si è constatato che le elettricità *contrarie si attirano,* mentre le elettricità *simili si respingono.* La riunione di quantità uguali di fluido di nome contrario forma il fluido *neutro* e naturale che supponesi esistente in tutti i corpi in quantità inesauribile. Sotto diverse influenze, tra cui vuolsi citare il strofinamento, il fluido neutro decomponesi in questi due elementi. Il globo terrestre e l'atmosfera sono due grandi serbatoî di elettricità, tra i quali vi hanno scambî perpetui di ricomposizione e di ricostituzione, che rappresentano nella vita delle piante e degli animali una parte supplementare dell'azione del calore ed anche dell'umidità.

Il risultato generale delle indagini sullo stato della elettricità alla superficie del globo e nell'atmosfera è che nello stato normale il globo

---

(1) Oggi dobbiamo aggiungere l'illuminazione elettrica e la telefonia, ecc.

(Nota del Trad.)

terrestre è carico di elettricità *negativa*, mentre l'atmosfera è occupata dalla elettricità *positiva*. Alla superficie del suolo, ove succedono continui scambî, l'elettricità è allo stato neutro; così come nello strato di

Fig. 204. — Il fisico Richmann fulminato durante un' esperienza.

aria inferiore in contatto colla superficie, tanto sui continenti quanto sui mari. L'elettricità positiva si accresce nell'atmosfera coll'altezza.

L'evaporazione considerevole, che abbiamo veduto effettuarsi alla superficie dei mari nelle regioni equatoriali, carica di elettricità positiva le nubi, e queste, trasportate dalle correnti superiori, procedono verso

le regioni polari e caricano l'atmosfera di un accumulamento di tale elettricità. L'influenza della elettricità positiva determina nel suolo delle regioni polari una condensazione contraria di elettricità negativa. Le aurore boreali sono dovute sopratutto a queste due tensioni opposte; è una ricostituzione silenziosa, ma visibile, del fluido naturale, per opera delle due tensioni contrarie dell'atmosfera e del suolo; onde la comparsa dell'aurora boreale è accompagnata da correnti elettriche, le quali circolano nel suolo a sufficiente distanza perchè i movimenti dell'ago calamitato indichino all'Osservatorio di Parigi, per esempio, l'aurora che producesi in Iscozia od in Norvegia.

Dall'elettrizzazione positiva delle nubi risulta uno stato analogo per

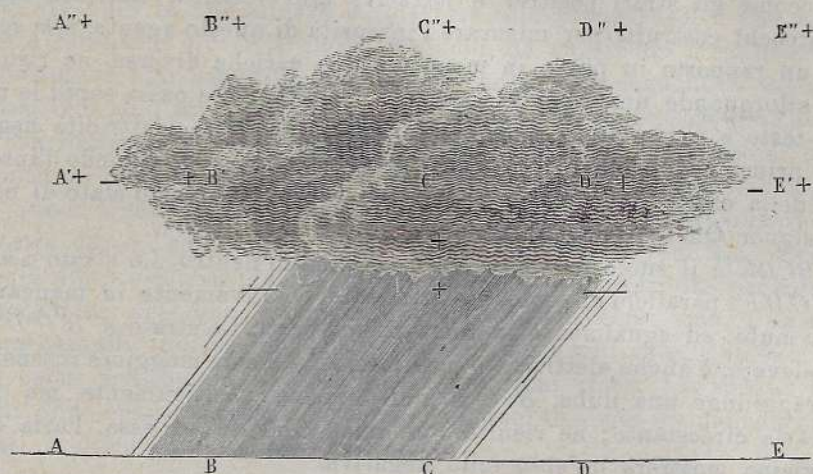



Fig. 205. — Variazione dell'elettricità atmosferica sotto l'influenza delle nubi e della pioggia.

le stesse. Pure, a volte, vedonsi nubi negative. Non è raro di osservare sulle vette delle montagne nubi che vi aderiscono come se vi fossero attirate; vi si fermano, poi se ne distaccano per seguire il movimento generale dei venti. Avviene spesso in tal caso che le nubi hanno perduto l'elettricità positiva mettendosi in contatto colle montagne, ed hanno preso in quella vece l'elettricità negativa di queste, la quale, lungi dal continuare a trattenerle, tende a respingerle. Dall'altro canto uno strato di nubi situato fra il suolo negativo, e uno strato superiore positivo, è quasi neutro; la sua elettricità positiva si accumula verso la superficie inferiore e le prime goccie di pioggia la faranno scomparire. Da tale istante questo strato si comporterà come la superficie, e cioè diverrà negativo sotto l'influenza dello strato superiore, dotato di forte tensione positiva. In generale, però, le nubi sono cariche di elettricità positiva.

Al pari del calorico, della pressione atmosferica, l'elettricità atmosferica subisce una doppia oscillazione annuale e diurna, e oscillazioni accidentali più considerevoli delle regolari. Il massimo verificasi tra le 6 e le 7 antim., in estate, e fra le 10 e mezzogiorno d'inverno; il minimo verificasi fra le 5 e le 6 pom., d'estate, e verso le 3 d'inverno. Notasi in seguito un secondo massimo al tramonto, poi una diminuzione durante la notte fino alla levata del sole. Detta oscillazione è collegata a quella dello strato igrometrico dell'aria. Nella variazione annuale il massimo lo si ha in gennajo, ed il minimo in luglio: va ascritta alla grande circolazione atmosferica; l'inverno è il tempo in cui le correnti equatoriali hanno maggior attività nel nostro emisfero; allora le aurore boreali sono più numerose.

Siccome gli strati positivi e negativi dell'elettricà, indicati dagli apparecchî costruiti per misurare l'intensità di questo agente, non sono che un rapporto in più o in meno tra due cariche diverse, ne risulta che allorquando una nube elettrizzata positivamente passa sopra le nostre teste e si risolve in pioggia, l'aria può accusare elettricità negativa prima o dopo la pioggia, ed anche mentre cade, secondo l'intensità della carica della nube. Si può rappresentarsi questo stato di cose col signor Quételet così ragionando:

ABCDE è il suolo da noi supposto allo stato neutro. Lo strato d'aria *A'B'C'D'E'*, parallelo al suolo, è elettrizzato positivamente in mancanza delle nubi, ed egualmente in tutte le sue parti. Lo strato *A''B''C''D''E''* più elevato, è anche elettrizzato positivamente e con maggiore intensità. Sopraggiunge una nube, *B' C' D'*, elettrizzata positivamente, ma più dell'aria circostante; ne risulta che, relativamente ad essa, l'aria che l'avvicina mostrerà un'elettricità negativa.

Per l'osservatore situato in *A*, l'elettricità posta sopra il suolo segnerà elettricità positiva. Mano mano che la nube si avvicina, tali indicazioni andranno scemando per diventare in breve nulle, anzi negative al principio della nube. Ma la pioggia ricondurrà elettricità positiva. Una corrispondente variazione si manifesterà al cessare della pioggia ed all'allontanarsi della nuvola: in *D* le indicazioni saranno negative; in *E* ritorneranno positive.

Abbiamo veduto nel Libro IV, che le lotte tra le grandi correnti dell'atmosfera nelle regioni tropicali, dove formasi il nodo del circuito compiuto dall'equatore ai poli; che l'evaporazione degli oceani cagionata dal calore solare in tali focolari di condensazione; che il variare della pressione atmosferica, ecc., ingenerano i movimenti ciclonici, gli uragani, le tempeste, il cui turbinoso cammino si eleva fino alle nostre latitudini temperate. Codesti movimenti energici sviluppano l'elettrico in proporzioni immense, ed è raro che l'uragano, i lampi ed il tuono non accompagnino le suaccennate meteore. La formazione delle nubi sull'o-

ceano e sui continenti, le nebbie dei nostri paesi, il procedere delle nubi sulle valli e le montagne nostre, sviluppano parimente quantità variabili di elettricità. V'ha temporale allorquando cotesta elettricità delle nubi invece di scambiarsi o di passare tranquillamente, si agglomera in dati punti, si condensa, satura in certa guisa le nubi e finisce collo scoppiare d'improvviso, per riunirsi all'elettricità negativa agglomeratasi nello stesso tempo, sia sul suolo sia in altre nubi.

I grandi temporali ci giungono formati già dall'Atlantico; essi provengono dai cicloni, e le nubi che li recano sono generalmente ad un'altezza superiore a 1000 e 1500 metri, procedendo dal sud-ovest al nord-est, senza che appajano interrotti dalle ineguaglianze del suolo francese. I temporali secondarî, che formansi negli stessi nostri paesi, sono portati da nubi la cui altezza è inferiore alla precedente, e che talvolta pure rasentano quasi il suolo, così che ne subiscono l'influenza, non passano se non con difficoltà sulle montagne, e seguono le valli, a cui distribuiscono senza parsimonia le folgori e i rovescî di gragnuola.

La formazione dei temporali è preceduta da un abbassarsi lento e continuo del barometro. L'aria stagnante e un calore che opprime, il quale dipende dalla mancanza di evaporazione della superficie del nostro corpo, sono circostanze affatto caratteristiche. Le variazioni dello stato elettrico del suolo e dell'atmosfera, aggiunte per altro alle precedenti, agiscono potentemente sul nostro organismo. Una singolare ansietà, indipendente da qualsiasi timore motivato, s'impadronisce di certe costituzioni nervose, che fanno vani sforzi per sottrarvisi. In tali circostanze sopratutto riconoscesi quanto siano intimamente collegati il fisico ed il morale dell'uomo.

CAPITOLO II.

I lampi ed il tuono.

Quando da una nube carica all'eccesso di elettricità se ne sviluppa una pari e precipitasi, vuoi sopra un'altra nube, vuoi sopra un punto del suolo carico di elettricità opposta, vi ha produzione di luce elettrica

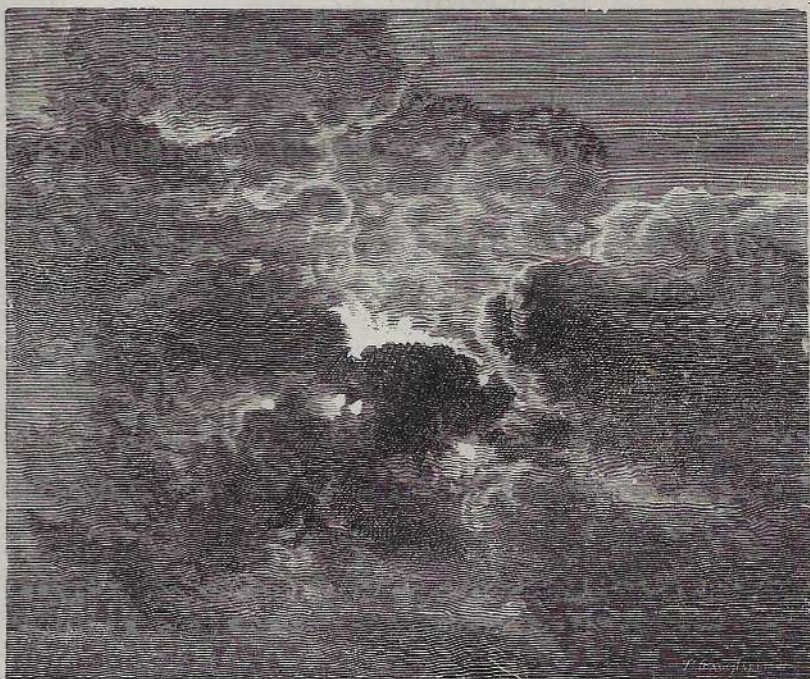



Fig. 266. — Lampo diffuso.

rapida scintilla che noi facciamo apparire in piccolo nelle nostre esperienze di fisica. Cotesta scintilla supera istantaneamente quella qualunque distanza che separa i due punti elettrizzati, e si è constatato che essa non dura un diecimillesimo di secondo. È questa scintilla elettrica che costituisce il lampo; per essa il fulmine manifestasi durante i temporali.

In generale i lampi il più delle volte non ci appajono che sotto forma d'un bagliore improvviso e diffuso che illumina le nubi, il cielo e la terra, i quali ricadono immediatamente in un'ombra più nera di prima, a motivo del contrasto. Sia che in tal caso lo scambio dell'elettricità fra le nubi operi ad un tempo sopra una grande superficie che s'illumina e si oscura istantaneamente, sia che vi abbia una scintilla come nei lampi a linea e che essa sia nascosta dalle nubi, non vedesi sempre in tal caso, ed è il più frequente, che un chiarore improvviso e diffuso, sul quale spiccano per un istante i contorni più o meno risentiti delle nubi.

I lampi diffusi (fig. 206) sono i più comuni; se ne vedono a centi-

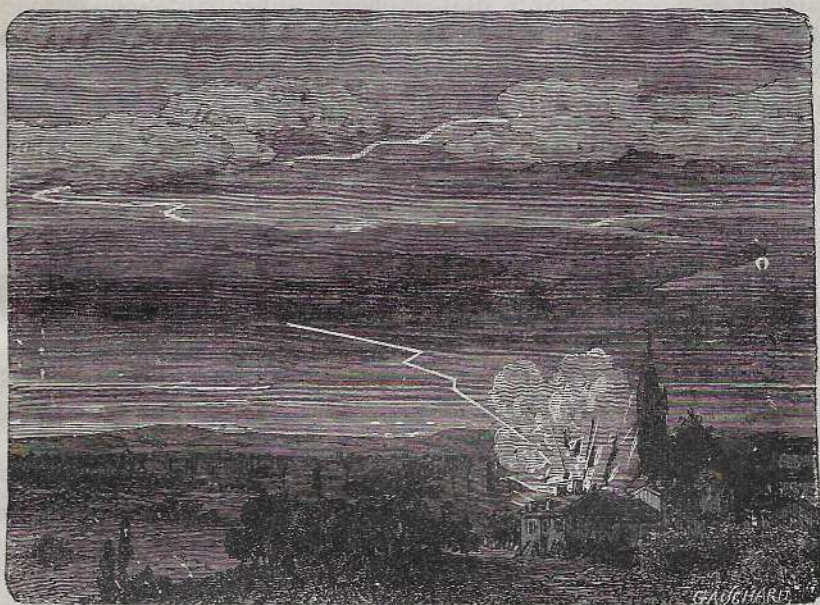



Fig. 207. — Lampo a zig-zag.

naja in un giorno, o meglio in una notte di temporale, per un solo campo lineare. Questo però è il lampo caratteristico per eccellenza.

Non è desso che una forte scintilla elettrica, una pallottola di fuoco che sprigionasi dalla nube sovraccarica sulla terra, o da una nube ad un'altra, oppure che sale dalla terra alle nubi; la rapidità del suo tragitto produce l'effetto di una linea sottile e luminosa. Raro è che tale tragitto si effettui in linea retta, a malgrado dell'assioma del più breve cammino: vogliasi a cagione della variabile distribuzione dell'umidità nell'aria, che la rende più o meno buon conduttore, vogliasi a cagione della variabilità del sovrappiù elettrico dei diversi punti del suolo e delle nubi, il lampo si mostra quasi sempre a zig-zag. Il sottil fluido,

ne prova colle sue gesta per entro le nostre abitazioni, ch'egli salta tosto da un punto all'altro, poi ad un tratto ancora, come a capriccio, ma evidentemente obbedendo alle leggi della distribuzione e della conduttibilità dell'elettricità. Di solito i lampi lineari sono a zig-zag, ad angoli ottusi (fig. 207), oppure serpeggiano sinuosi e ondeggianti. Talvolta si biforcano in due o più rami. Nicholson e l'abate Richard hanno osservato lampi forcuti. Più di rado essi dividonsi in tre rami; Arago cita parecchî esempî, sopratutto negli uragani vulcanici; Kaëmtz ne ha veduto una sol volta in sua vita. Tal fiata inoltre si suddivivono in quattro o cinque rami, oppure i rami usciti dal lampo primitivo si separano in più piccole dipendenze laterali. Il signor Liais ne ha osservato e disegnato con cinque diramazioni.

I lampi non sono sempre di bianchezza abbagliante, chè offrono talvolta una tinta gialla, rossa, turchina, violacea ed anche rosea; il colore dipende dalla quantità di elettrico che attraversa l'aria, dalla densità di questa, dalla sua umidità e dalle sostanze che essa tiene sospese. I lampi violacei annunciano in generale una grande altezza per le nubi temporalesche da cui scendono, attraverso un'aria rarefatta che ricorda quella dei tubi di Geissler.

Di rado sappiamo farci un'idea della lunghezza dei lampi. Mentre noi duriamo tanta fatica nei gabinetti di fisica a produrre una scintilla elettrica di pochi centimetri, la natura ne fa scoppiare di lunghe 1, 5, 10, 15 chilometri. F. Petit ha misurato a Tolosa lampi di 17 chilometri; fra un numero grandissimo di prese determinazioni, è questa la più ardua ch'io conosca. Arago ha trovato per una serie di lampi da lui studiati una lunghezza da 3 a 4 leghe.

Qual'è l'altezza delle nubi temporalesche? Risulta evidente dalle fatte osservazioni che vi sono temporali a tutte le altezze. De l'Isle ne ha misurato uno il 6 giugno 1712 che stendevasi su Parigi all'altezza di 8000 metri; Chappe, il 13 luglio 1761, ne ha definito uno a 3470 metri sopra Tobolsk; Kaëmtz, il 15 giugno 1834, ne ha constatato un altro a 3100 metri al disopra di Halle. Siffatte osservazioni hanno fornito una serie decrescente di elevatezze, che giunge quasi fino al suolo. Haidinger ha misurato l'altezza di nubi temporalesche che stavano solamente a 70 metri sopra Gratz, il 15 giugno 1826, e un giorno perfino a 28 metri soltanto sopra Admont, il 26 aprile 1827. Questo pei paesi di pianura. Quanto ai paesi di montagna, Saussure ne ha osservate al disopra del monte Bianco, Bouguer e la Condamine sul Pichincha, a 4868 metri; Ramond sul monte Perduto, a 3410 metri, e sul Picco del Mezzogiorno, a 2935 metri, infine a tutte le altezze. Sull'oceano furono trovate di solito fra 900 e 1400 metri. È nelle montagne, specialmente nelle gole delle Alpi (fig. 210 a pag. 645) e dei Pirenei, che i lampi saettano le loro freccie più terribili, e che il tuono fa

echeggiare i suoi più spaventosi clamori. Pare che i rintronamenti si precipitino in cascate per entro gli abissi esterrefatti.

Che il lampo producasi orizzontalmente fra due gruppi di nubi, od obliquamente, sia fra nubi di diversi strati, sia fra le nubi e la terra, misura per l'ordinario una lunghezza di più chilometri. È questa lunghezza la causa prima del rombo del *tuono*.

Il tuono altro non è infatti se non il rumore della scintilla elettrica che opera uno scambio di elettricità, un neutralizzamento fra due punti più o meno lontani.

Il rumore del tuono può attribuirsi a parecchie cagioni diverse. La scintilla stessa, attraversando istantaneamente l'aria atmosferica, ricaccia le molecole sul suo passaggio e produce un vuoto momentaneo nel quale tosto precipitasi l'aria circostante, e così di seguito fino a certa distanza. Pouillet ha combattuto questa spiegazione, abbastanza naturale, objettando che se tale era la causa del tuono, il passaggio di una palla da cannone doveva produrre un rumore simile. L'objezione non è giusta, poichè la palla da cannone è una tartaruga in confronto della freccia del fulmine. In secondo luogo il rumore del tuono può dipendere dal dilatarsi delle nubi sotto l'influenza della tensione elettrica, che in certo modo le gonfia, le allunga e le distende con bastevole forza in certi punti, perchè, se una scintilla viene a scaricare la nube, l'aria esterna non più trattenuta dalla forza espansiva del fluido elettrico che le faceva equilibrio, si precipiti da ogni parte verso le nubi. Ivi si può vedere la causa del rumore del tuono e del rovescio che lo segue. Siccome gli stati elettrici delle diverse nubi che compongono un temporale sono a vicenda solidali, la scarica dell'una deve determinare quella di parecchie altre più o meno lontane. E in un caso e nell'altro però, il rumore è sempre cagionato dall'espansione dell'aria ove non ha guari si è verificato il vuoto più o meno parziale, come accade per le armi da fuoco, pel crepa-vescica, ecc. Al punto in cui il fulmine scoppia, il rumore non è mai molto prolungato e rassomiglia assai ad un colpo di cannone, di schioppo o di pistola, secondo l'intensità. Ma uno de' caratteri particolari del tuono è costituito dal *rombo*, come lo imita il suo nome in tutte le lingue: *tuono*, *tonnerre*, *tonitruum*, *bronte*, *thunder*, *donner*, *ecc.*

Si domanda molte volte da che dipenda il rintronamento spesso lunghissimo. Più cagioni ci si offrono alla mente. La prima è dovuta alla lunghezza del lampo ed alla differenza di velocità del tuono e della luce. Supponiamo, per esempio, un lampo orizzontale $A\ E$, lungo 11 000 metri (fig. 208) (ogni chilometro è qui rappresentato da un centimetro). L'osservatore situato in O, sotto l'estremità E del lampo, che si disegna in 1 chilometro d'altezza, vedrà questo lampo in tutta la sua lunghezza in un istante indivisibile; il tuono formerassi così all'istante

medesimo su tutta la linea del lampo. Ma le onde sonore non giungeranno all'orecchio dell'osservatore che in tempi diversi. Quella che parte dal punto E, il più vicino, arriverà in 3 secondi, chè il tuono percorre circa metri 337 ogni secondo. Quella che si è formata nello stesso tempo invisibile, al punto D, a 200 metri dal punto O, impiega doppio tempo ad arrivare. Quella che viene dal punto C, a 4000 metri, giunge solo dopo 12 secondi... Il tuono formato in B arriva soltanto dopo il tempo necessario a percorrere 8 chilometri, cioè 23 secondi... Infine il tuono

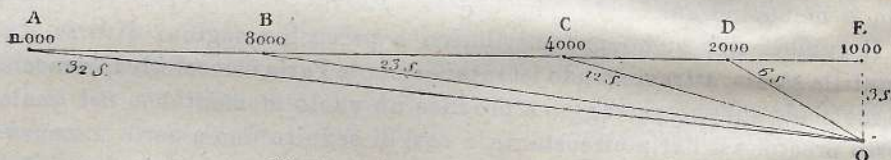



Fig. 208. — Durata del rumore del tuono.

partito da A non giungerà che scorsi 32 secondi; e però il rombo sarà durato più di mezzo minuto cessando gradatamente.

Se, caso più frequente (fig. 209), l'osservatore non è situato precisamente verso una estremità del lampo, ma in punto qualsiasi del suo tragitto, egli ode dapprima il colpo, indi un aumento di rumore, poi una diminuzione. Infatti, in tal caso, il tuono partito da un punto D, situato al disopra della sua testa ed all'altezza di 1000 metri, giunge in 3 secondi; ma i suoni formati da D in E da un lato, e da C in D dall'altro, pervengono contemporanei, l'uno all'altro aggiungendosi, in nove secondi, tempo necessario per andare da 1000 a 3000 metri. A

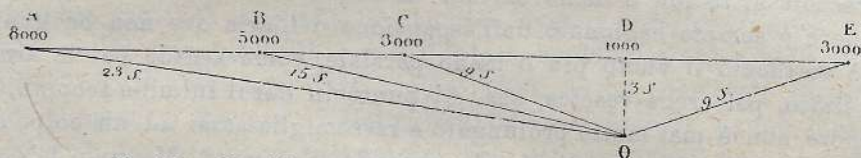



Fig. 209. — Principio, accrescimento e diminuzione dell'intensità del tuono.

partire da C i suoni pervengono spegnendosi, causa la distanza, come nell'esempio precedente, e il tuono è durato 23 secondi invece di 32.

A questa enumerazione di rombi prolungati aggiungesi il numero delle scariche che avvengono spesse volte velocissime fra le nubi temporalesche, — i zig-zag e le diramazioni dei lampi motivati dalla diversità igrometrica dei diversi strati d'aria, — gli echi ripetuti dalle montagne, il suolo, le acque e financo le nubi, al che vuolsi altresì aggiungere le interferenze prodotte dall'incontro dei diversi sistemi di odne sonore.

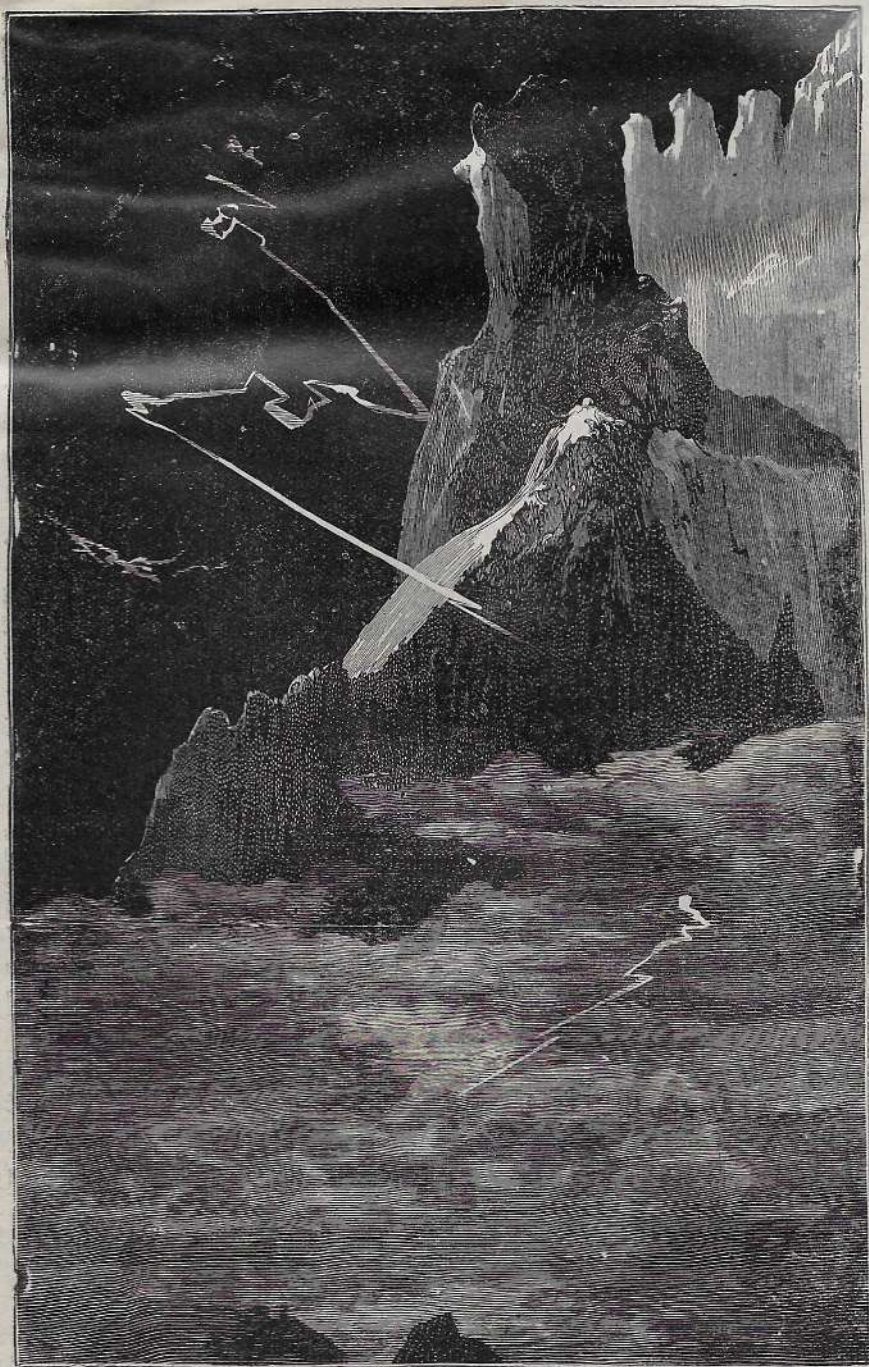
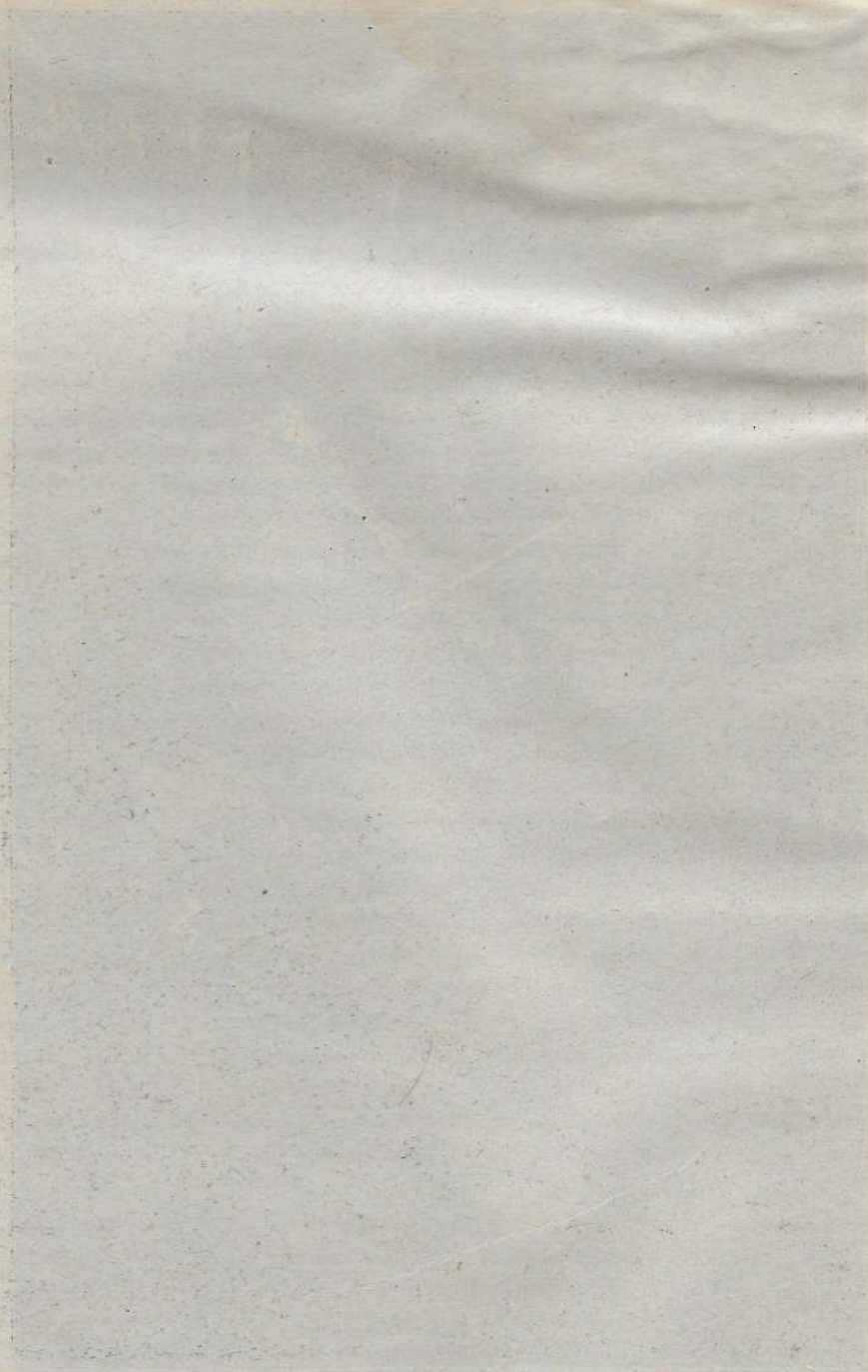



Fig. 210. — Il temporale sulle Alpi.

La durata del rombo del tuono è variabilissima, come ciascuno l'ha potuto osservare. La più lunga per un solo lampo è quella di 45 secondi, a Parigi, constatata da De l'Isle, il 17 giugno 1712. Lo stesso giorno egli contò 41 secondi per un'altra durata; l'8 luglio del medesimo anno contò 39 secondi. Vi si osservano gl'intervalli compresi tra il principio del tuono e tra le diverse fasi d'intensità del rombo, come nell'esempio seguente, che è quello del 3 luglio:

a 0 secondi, lampo;
a 11 secondi, il tuono comincia adagio
a 12 secondi, scoppia;
a 32 secondi, gli scoppî cessano;
a 50 secondi, il rumore finisce lentamente.

L'intensità del tuono offre sorprendenti variazioni. In certi casi le notizie di cui parleremo più innanzi la paragonano al rumore di *cento cannoni che sparano contemporaneamente.* In altri casi non odesi che una pistolettata, poi un rombo più o meno cupo. Talvolta gli scoppî ricordano il rumore stridente d'una pezza di seta che altri straccia, talvolta la corsa di un carro carico di barre di ferro, saltellante sul selciato di una via in pendìo.

Il più lungo intervallo stato constatato fra il lampo ed il tuono è quello di 31 secondi a Parigi, e parimente dietro gli studî dell'astronomo De l'Isle, il 30 aprile 1713. Questo numero considerevole dà 24 chilometri o 6 leghe per la distanza della nube. Dopo cotesto risultato eccezionale, il maggiore è di 49 secondi, che corrisponde a 4 leghe e mezzo. Mercè dirette constatazioni si è riconosciuto che un temporale non si estende *mai* oltre 6 leghe, e raramente oltre 3 o 4. I lampi si vedono, ma non vanno sì lungi. E tanto è più curioso questo fatto in quanto che il *tuono degli uomini* odesi oltre assai queste distanze. Il cannone si ode benissimo a 10 leghe. Quando i cannoni sono di grosso calibro, si sentono a distanza doppia. Le cannonate degli assedî e delle battaglie campali si fanno udire fino a 30 leghe e più. Durante l'assedio di Parigi, i cannoni Krupp — ai quali l'imperatore dei Francesi aveva decretato un premio alla Esposizione del 1867 e nei quali gli uomini di Stato di questo pianeta salutavano la macchina di civiltà più spiccia — facevansi sentire nelle notti di bombardamento fino a Dieppe, a 30 leghe da Parigi. La cannonata dal 30 marzo 1814, che coronò il primo impero come questa ha coronato dianzi il secondo, fu udita nel comune di Casson, situato fra Lisieux e Caen, a 44 leghe da Parigi. Arago riferisce anzi che si udì il cannone di Waterloo fino a Creil, paese lontano 50 leghe. Così il fulmine fabbricato dalla mano dell'uomo si fa udire molto più lungi del fulmine della natura. È però vero ch'esso

è incomparabilmente più tristo e che sacrifica maggior numero di vittime.

Se il tuono non si fa sentire a più di sei leghe, ne risulta che se odesi un colpo di tuono quando il cielo è puro, tal colpo non proviene da nubi situate oltre l'orizzonte visibile, poichè ci si vede a più di 6 leghe di lontananza. Un uomo di statura comune di 1^m,65, può vedere, se l'orizzonte è molto chiaro, un oggetto posto a terra alla distanza di 4000 metri od una lega.

Se l'oggetto è all'altezza di 25 metri, sarà veduto a 5 leghe e mezza.

Se l'altezza è di 500 metri, come una montagna isolata, lo si vedrà alla distanza di 21 leghe.

Se un oggetto è alto 1000 metri, come su per giù lo sono le nubi cumuli dei nostri climi, lo vedremo fino a 20 leghe.

Perchè un tuono udito mentre il cielo è puro pervenisse da una nube bisognerebbe dunque supporre tal nube a una trentina di metri d'altezza, ciò che mai non si verifica. Così l'elettricità può sprigionarsi da certe regioni dell'aria, da nubi invisibili, produrre lampi e far udire il tuono quando il cielo è sereno. Qualche volta tal fatto è stato provato dall'osservazione. È però rarissimo.

Fig. 211.
Misura della durata del lampo.

A questo complesso di documenti sulla natura generale del tuono e dei lampi, possiamo aggiungere che, a malgrado dell'estrema rapidità o per dir meglio dell'istantaneità del lampo, si è giunti a misurarne la durata ed a constatare che esso non dura nemmeno un *decimillesimo di secondo!* A tale scopo, pigliasi un cerchio di cartone diviso, dal centro alla circonferenza, in settori bianchi e neri (fig. 211). Il cerchio può girare come una ruota, con velocità pari al vento. È noto che le impressioni luminose rimangono un decimo di secondo sulla retina; onde è che imitasi il gioco fanciullesco che consiste nel far girare un carbone acceso; se il giro è compiuto in un decimo di secondo, ogni posizione successiva del carbone resta in questo spazio di tempo impressa sulla retina, vedesi un cerchio continuo. Quando facciamo girare il cerchio di raggi bianchi e neri, non distinguiamo più i settori e vediamo solo un piano grigio, perocchè ogni raggio passa innanzi all'occhio nostro in men d'un decimo di secondo. Ora, si può imprimere all'apparecchio una rotazione di cento giri ogni recondo e più. Ciò posto, se il cerchio è illuminato in modo continuo, non ne distingueremo le linee, poichè esse si succedono nel nostro occhio più velocemente che non vi rimanga l'impressione da esso prodotta. Ma se il cerchio gira dinanzi a noi nell'oscurità, e una luce istantanea venga a illuminarlo, poi scompaja con altrettanta prestezza, l'impressione prodotta sull'occhio da ciascuno dei settori durerà meno di un decimo di secondo, sarà quasi istantanea, e il cerchio ne apparirà *come se fosse*

immobile. Nell'imprimere all'apparecchio una rotazione calcolata, si è constatato che il lampo non dura un decimillesimo di secondo!

La luce, che percorre 77 000 leghe in un secondo, impiega un istante che può calcolarsi per venire dal luogo ove producesi il lampo, il quale è a poche leghe. Vediamo dunque il lampo *nell'istesso momento* in cui si produce. Ma il tuono, all'incontro, propagasi lentamente, in ragione di 337 metri al secondo, come già sappiamo. Ne risulta che il rumore del fulmine, il quale determinasi contemporaneamente al lampo, non sarà udito da noi se non dieci secondi dopo, se, per mo' d'esempio, distiamo 3370 metri dal temporale; onde ciascuno può calcolare con facilità quale distanza lo separi dal temporale col tempo che passa fra il lampo e il tuono:

1/2 secondo	d'intervallo	corrisponde a	168	metri
1	»	»	336	»
2 secondi	»	corrispondono	674	»
3	»	»	1000	»
4	»	»	1350	»
5	»	»	1680	»
6	»	»	2	Km.
7	»	»	2,3	»
8	»	»	2,7	»
9	»	»	3	»
10	»	»	3,3	»
11	»	»	3,7	»
12	»	»	Una lega.	

Dodici battute di polso corrispondono quindi ad una lega.

Siccome per altro il lampo estendesi su una lunghezza di più chilometri. il luogo colpito dal fulmine può essere lontanissimo, quantunque si oda il rumore immediatamente dopo, perchè prima sentesi il tuono partito dall'estremità più vicina al lampo. Così, in un temporale, il 27 giugno 1866, il signor Hirn ha udito succedere immediato il colpo al bagliore, sebbene quello stesso lampo avesse fulminato due viaggiatori sotto un albero alla distanza di 5 chilometri.

CAPITOLO III.

Gesta del fulmine.

Qui entriamo in un mondo maraviglioso, più fantastico di quello delle mille ed una notti, più profondo dell'antro di Cerbero, più complicato del labirinto di Creta..., mondo immenso che non potremmo descrivere e dipingere in un libro, come questo, per quanto voluminoso. Fino ad ora abbiamo incontrato enormi difficoltà per non scegliere fuorchè i fatti più importanti dell'osservazione meteorologica, ed eliminare contro nostra voglia una serie di constatazioni e di note curiose che avrebbero sviluppato i nostri capitoli su smisurata estensione. Ormai le difficoltà raddoppiano; imperocchè sulle *migliaja* di effetti maravigliosi del fulmine, a quali dobbiamo accordare ospitalità? quali dapprima escludere assolutamente? Qual classificazione, qual modo usare per tener conto di tutte queste diversità e pigliare, senza troppe lungaggini, una idea esatta e sufficiente delle inimaginabili imprese cui, trastullandosi, è capace di compire il sottil fluido elettrico?...

Nessun componimento scenico, commedia o dramma, nessun giuoco di prestigio può rivaleggiare colle bizzarrie incomprensibili del fulmine. Pare la folgore un essere sottile, che sia tra la forza inconscia di sè che vive nelle piante, e la forza conscia di sè che vive negli animali; è come uno spirito elementare, fino, bizzarro, maligno o stupido, chiaroveggente e cieco, volontario o indifferente, che passa da un estremo all'altro, e di una qualità unica e spaventosa, inscandagliabile e muta. Essa non vuole scendere a spiegazioni. Essere misterioso, non si abbandona, *agisce*, ecco tutto. Per certo e le sue azioni e le nostre, nel mentre pajono personali e capricciose, sono sottoposte a leggi superiori invisibili. Ma fino ad ora non è possibile di rannodarle ad una causa direttrice. Qui uccide di botto e incenerisce un uomo, senza che i suoi abiti siano stati menomamente disordinati e portino la menoma traccia di bruciatura; là spoglia affatto una persona d'improvviso avviluppata dall'abbagliante guizzo, e la lascia assolutamente nuda senza ch'essa soffra il più piccolo male, la graffiatura più leggiera. In altro luogo essa ruba le monete senza toccare nè il borsellino nè la tasca del posses-

sore; altrove porta via le dorature di una lumiera per portarle sugli stucchi che adornano la sala; qua scalza un viaggiatore e manda gli stivali lontano dieci metri, mentre nel villaggio vicino traforerà una pila di tondi nel centro e alternativamente ogni due soltanto... Qual ordine stabilire in tanta varietà?

Per formare un quadro compiuto meglio che sia fattibile di tali bizzarrie della folgore, sceglieremo un numero determinato di fatti più importanti e li ordineremo per analogia, dividendoli secondo le loro forme ed i loro caratteri distintivi, e riunendo quelli che offrono tra loro molti punti di somiglianza.

La galleria di quadri elettrici che stiamo per aprire deve avere per unico merito l'esattezza. Saremo quindi sobrî di commenti, e lascieremo che i fatti si presentino di per sè soli, così come sono avvenuti. Il lettere avrà ampî argomenti di riflessione dopo la lettura di ciascuna di queste relazioni. Mi si perdonerà, spero, di farle stampare in caratteri più piccoli, poichè, malgrado il mio gran desiderio di abbreviare i fatti, sono sì numerosi e rari che ho dovuto sceglierne una sequela considerevole. Il lettore non vi perderà nulla. L'argomento richiede soltanto un aumento d'attenzione.

Tra gli atti più formidabili del fulmine havvi certamente quello di uccidere all'istante un individuo, lasciandolo nella sua posizione come se fosse vivo, e bruciandolo nello stesso tempo in modo sì assoluto ch'egli rimane completamente consumato. Lo si può constatare nel seguente caso:

A Vic-Sur-Aisne (Aisne), nel 1838, nel pieno furore di un terribile temporale, tre soldati si erano ricoverati sotto un tiglio. Scoppia un fulmine e li colpisce di morte istantanea tutti e tre. Nondimeno tutti e tre *rimangono in piedi*, nell'atteggiamento primitivo, come se non fossero stati percossi dal fluido elettrico: i loro abiti sono intatti! Cessato il temporale, alcuni viandanti li vedono, parlano loro senza ottenerne risposta, s'avvicinano, li toccano, ed *essi cadono in un cumulo di cenere*, polverizzati. (A. Poey.)

Questo fatto non è unico; di analoghi ve n'ha un numero ragguardevole, e già gli antichi avevano osservato che alcuni fulminati cadevano in polvere. Ecco ora un altro sistema d'azione affatto opposto:

Il 28 giugno 1869, a Pradette (Ariège), al *maire* salta in capo la malaugurata idea di ricoverarsi sotto un altissimo pioppo. La folgore scoppia alcuni momenti dopo, spacca l'albero e fulmina l'uomo. Per uno di quei bizzarri ed inesplicabili capricci, essa lo spoglia interamente e sparge a lui d'intorno i suoi vestimenti ridotti a brandelli, all'infuori di una scarpa * (1).

L'11 maggio 1869, un coltivatore degli Ardillats, chiamato Ballandras, dice il *Jour-*

(1) Gli esempî segnati con * sono estratti da una collezione di bizzarrie del fulmine, che da quindici anni in qua raccolgo dai giornali scientifici e da altri. Si può verificarli consultando i periodici del tempo.

nal de Villefranche, stava lavorando la terra co' suoi due buoi, a poca distanza dalla sua abitazione, sulle quattro pomeridiane; il tempo era opprimente e il cielo coperto di nere nubi. Ad un tratto rintrona la folgore e, fendendo la nube, viene a colpire i contadini e i buoi che rimasero fulminati. L'infelice fu completamente denudato dal fulmine, e le sue scarpe volarono a trenta metri da lui. *

Il 1.° ottobre 1868, sette persone avevano cercato asilo durante un temporale sotto un enorme faggio, presso il villaggio di Bonel, nel comune di Perret (Costa del Nord), allorchè ad un tratto il fulmine scoppiò sull'albero e uccise di botto Marianna Guillemont, maritata Le Roy. Le altre persone furono atterrate senza essere gravemente ferite, ad eccezione di mamma Le Gourd, che ebbe bruciati la gamba e il braccio sinistro e la schiena. Le vesti della fulminata andarono in filamenti minutissimi: anzi alcuni di essi furono ritrovati appesi ai rami dell'albero. *

L'11 agosto 1855, un uomo fu colpito dal fulmine su una strada presso Valleroy (Alta Saona) e spogliato per intero de' suoi panni. Non si sono potuti ritrovare che alcuni pezzi di scarpaccie ferrate, una manica di camicia e alcuni brandelli degli abiti. Dieci minuti dopo la scarica, ritornò in sè, aperse gli occhî, si lagnò del freddo e chiese come fosse ivi rimasto completamente nudo. A malgrado della ferita non morì.

Tra gli esempî più curiosi in argomento, Morand cita questo:

Gli abiti e le calzature di una donna, che nell'istante della caduta del fulmine era trasvestita da uomo, furono tagliati e stracciati a bende, e gettati cinque o sei piedi lontani dal suo corpo, per modo che, nello stato di nudità in cui essa trovavasi, fu necessario avvolgerla in un lenzuolo per portarla al villaggio vicino.

In alcuni casi, gli indumenti anche i più vicini alla pelle, sono bruciati, stracciati, bucati, senza che la superficie della pelle sia lesa. In altri la pelle è bruciata, mentre i primi non ci soffrono.

Un uomo ebbe quasi tutto il fianco destro bruciato, dal braccio sino al piede, come se da un pezzo fosse stato esposto ad un braciere ardente, senza che la camicia, le mutande e il resto de' suoi indumenti fossero in alcuna guisa danneggiati dal fuoco. (Sestier.)

T. Neale cita un caso in cui le mani sarebbero state consumate fino all'osso nei guanti rimasti intatti. *

Un uomo ebbe gli abiti stracciati ad *atomi*, nè presentò alla superficie del corpo veruna traccia dell'azione del fluido elettrico, ad eccezione di un lieve segno alla fronte. (Howard.)

Comunemente le vesti sono bruciate senza fiamma; talvolta è un vero fuoco acceso dal fulmine che li divora. Il 10 maggio 1865, verso le 5 pom., un cantoniere per nome Luigi Roussel fu ucciso dalla folgore sulla strada da Baupaume ad Albert (Somme). Quando si rinvenne quel disgraziato, era nudo e i suoi abiti ardevano ancora. *

Talvolta sono bruciate le biancherie, mentre gli abiti esterni sono rispettati. Si annoverano più esempî.

Altre volte, cosa ancora più bizzarra, la fodera soltanto degli abiti è bruciata, mentre la stoffa esterna non ci soffre alcun danno!

Le vesti, le scarpe sono a volte *scuciti* come se il lavorio fosse stato eseguito a mano. Esempio: il 18 giugno 1872, alla Grange Forestière, vicino al piccolo Creusot (Saona e Loira), i pantaloni di un fulminato sono stati scuciti dall'alto al basso sulle quattro cuciture, mentre volarono lungi scarpe e calze.

Fu osservato che alcuni fulminati non portavano la menoma lesione. E gli antichi l'avevano già notato come vedesi in questo grazioso passo di Plutarco: « Il fulmine li ha colpiti di morte, non lasciando su essi verun segno, nè di battitura, nè di ferita, nè di scottatura; *l'anima fuggì di paura* dal loro corpo, come l'uccello si involò dalla gabbia. »

In parecchi casi le persone fulminate, mortalmente o senza ferite gravi, sono state interamente pelate: capelli, barba sono scomparsi, sia sotto l'azione del fulmine, sia alcuni giorni dopo.

Il dottor Gualtier di Claubry, colpito un giorno dal fulmine globulare, presso Blois, ebbe la barba rasa e distrutta, perchè non ispuntò più mai. Una strana malattia lo condusse a fil di morte e la sua testa enfiossi al punto da avere un metro e mezzo di circonferenza!

Un uomo, a quanto pare, assai peloso, colpito dal fulmine nelle vicinanze di Aix, fu spogliato del pelo del corpo a solchi, dal petto ai piedi. I peli si aggrovigliarono a mo' di gomitoli e s'incrostarono profondamente nel polpaccio. (Sestier.)

In mezzo a tale varietà d'azione, è assai difficile l'assegnare delle regole alla via tenuta dalla folgore. Pure, sebbene il fatto sia istantaneo, si può tener dietro al suo corso sui punti metallici da essa scelti a preferenza, esaminando le peripezie di un caso come il seguente, per esempio, uno tra quelli che più diedero argomento di parlarne nei temporali del 1869: il fulminamento del capitano Lacroix, il 7 maggio, sotto la tenda nel campo di Châlons.

Pioveva a catinelle nel momento in cui scoppiò il fulmine, alle 7.53 pomeridiane. Del caso non si accorse anima viva se non il dì appresso. Il cadavere era disteso colla faccia rivolta al cielo; la destra raggrinzita teneva una bugia metallica stretta contro il petto. Al posto de' piedi il suolo portava traccie circolari, le quali dimostravano ad evidenza che il capitano, in piedi e rivolto verso l'uscita, cadde rovescio dopo di essere girato su sè stesso. Era in pantaloni d'assisa e vestiva l'abito borghese, aveva sul capo il *kepì* coi tre galloni. La tenda era chiusa e la porta di tela affibbiata di dentro e di fuori.

Dalle traccie osservate risulta essere questa la strada percorsa dall'elettricità. palla di ferro di vertice della tenda, tela bagnata ove segnasi il solco, fibbia esterna, testa del capitano e *kepì*, orologio, corpo, portamonete e il letto di ferro.

La fibbia della tenda è stata gettata lontana 30 passi; sulla fronte del fulminato vedevasi una piaga che presentava la forma della fibbia. Il *kepì* rimase intieramente bruciato, sfilacciati i galloni, fusa la saldatura del filo di ferro.

L'orologio è stato fermato dal colpo alle 7.53; presentò sulla cassa una traccia di fusione di un millimetro e mezzo di diametro.

L'autopsia del cadavere ha dato, 30 ore dopo l'avvenimento: rigidità cadaverica

ancora completa; il calore del corpo erasi conservato a 21°,5 per 24 ore; faccia livida, ma serena e tranquilla: bruciatura sul lato destro della testa, del collo, delle spalle, delle braccia; la pelle ridotta come pergamena; polmoni gonfi di sangue, che scorse in abbondanza al taglio; caso di morte istantanea.

Altri militari sono stati sorpresi dallo stesso fulmine, ma non hanno offerto alcun particolare speciale. *

Il campo di Châlons è stato di bel nuovo visitato dal fulmine il 9 luglio 1870. Il fulmine è scoppiato in mezzo ad un temporale spaventevole e ad un vero diluvio; è caduto su una tenda del 32mo di linea, ha ucciso all'istante un soldato e ne ha feriti quattro! *

I fili telegrafici conducono benissimo l'elettricità anche durante i temporali. Si sono veduti degli uccelletti che vi si erano appollajati, restarvi morti d'improvviso e ancor appesi per gli zampini rattratti. Si sono veduti i fili telegrafici fatti in pezzi su una grande estensione e disseminati sulle strade, gli apparecchi delle stazioni perturbati e resi incapaci di trasmettere i dispacci. Le reti di ferro, i fili di spalliera sono pur essi eccellenti conduttori, che si sovraccaricano facilmente e vicino ai quali torna pericoloso il soffermarsi.

Nel mese di giugno 1869, un trappista fu fulminato al monastero di Scourmont, territorio di Forges, presso Chinay (Belgio).

Un dopopranzo i monaci stavano occupati a far seccar l'erba del prato; sopraggiunge un temporale che li obbliga a ripararsi al coperto. Uno di loro, padre Aloisio, che dirigeva la falciatrice meccanica tirata da due cavalli, la condusse presso una chiudenda di fil di ferro e s'inginocchiò contro la graticciata. Ad un tratto si fa udire un'orribile tuonata, i cavalli fuggono spaventati, il trappista rimane colla faccia stesa contro il suolo. Gli altri, che lo hanno veduto cadere, accorrono e lo trovano morto stecchito. Il medico del monastero, tosto chiamato, constatò sul corpo della vittima due bruciature larghe e profonde, di forma identica e disposte simmetricamente da ogni parte del petto: fece inoltre osservare agli astanti una macchia bianca sotto l'ascella destra raffigurante l'imagine spiccata di un tronco d'albero guarnito de' suoi rami, bizzarro effetto del fluido elettrico.

Siccome le correnti d'aria, le variazioni, i metalli preparano al fulmine una strada ch'esso preferisce, è evidente in teoria e dimostrato in pratica che il suonare le campane durante i temporali è cattivissima abitudine. Invece di allontanare il tuono e di rimandarlo sui paesi vicini, come taluno se lo imagina, le campane lo invitano per così dire a scender tosto. Pochi anni passano senza che un suonatore sia fulminato sotto un campanile de' 37548 comuni di Francia.

L'11 settembre 1868, durante un temporale che si scatenò sulla città di Puy-l'Évêque, il signor Delpon, droghiere, che al principiare del temporale era in chiesa, credette suo obbligo, senza ordine nè permesso, in mancanza del campanaro, per ischiavitù alla vieta abitudine, di andar a suonare le campane per iscongiurare gli effetti del temporale. Non appena ebbe tocca la corda di filo di ferro, e quindi evidentemente conduttrice del fluido elettrico, vi fu una grande esplosione. Riavutisi gli astanti

dalla prima sorpresa, fu veduto rovesciato e quasi senza segno di vita il signor Delpon. Tosto rialzato, ricevette le prime cure; ma spirò dopo tre quarti d'ora.

Il 28 luglio dello stesso anno, durante un temporale, il campanaro del villaggio di Communay, dice l'*Impartial dauphinois*, suonava con poca lena per iscongiurare il mal tempo, quando fu attirato, quasi asfissiato dal fluido elettrico che aveva colpito con ispaventevole rumore il campanile della chiesa. Penetrata poscia nell'interno, la folgore guastò l'altare, bruciò gli ornamenti e si perdè nel muro.

Uno scienziato tedesco trovava nel 1783, che nello spazio di 33 anni la folgore era caduta su trecentottantasei campanili, vi aveva uccisi centoventuno campanari, e feritone di più. È al certo ancor più imprudente il mettersi in comunicazione colle corde di un campanile, specialmente se si suona, che il ricoverarsi sotto gli alberi che attirano il fulmine.

Nella notte dal 24 al 25 aprile 1718, il fulmine cadde su ventiquattro campanili nello spazio lungo la costa di Bretagna, fra Landernau e Saint-Poi-de-Léon. Sì gravi disastri non fecero alcun torto alla riputazione delle campane nell'opinione dei Bassi Bretoni. Era, dissero, un venerdì santo, giorno in cui le campane debbono restar mute, e i campanili furono puniti della loro disobbedienza.

Nel 1747 l'accademia considerava già quest'uso come pericoloso. Un decreto del Parlamento, in data del 21 maggio 1784, omologò un'ordinanza del baliaggio di Langres, che proibiva espressamente di suonare le campane quando tuonava. Eppure ancor oggi nella diocesi di Langres, sì illuminata sotto altri rispetti, si suonano le campane.

I fasti del fulmine più terribili pel numero di persone che ne furono colpite sono i seguenti:

Un giorno di solennità il fulmine penetrò in una chiesa presso Carpentras; *cinquanta* persone furono uccise, o ferite, o rese stupide. (Fort. Lintilius.)

Il 2 luglio 1717, il fulmine colpì una chiesa a Seidenberg, presso Zittau, durante il servizio divino: *quarantotto* persone furono uccise o ferite. (Reimarus.)

Il 26 giugno 1783, il fulmine scoppiò sulla chiesa di Villars-le-Terroy, di cui suonavansi le campane; uccise *undici* persone e ne ferì *tredici*. (Verdeil.)

A bordo dello sloop *le Sapho*, nel febbrajo 1820 *sei uomini* furono uccisi dalla folgore e *quattordici* gravemente feriti. (Sestier.)

L'11 luglio 1819, verso le 11 ant., il fulmine penetrò nella chiesa di Châteauneuf-les-Moutiers (Basse Alpi), nel momento in cui suonavansi le campane e mentre vi era adunanza numerosa. *Nove* persone furono *uccise all'istante* e *ottantadue* altre rimasero ferite. Tutti i cani che erano in chiesa furono trovati morti nell'attitudine che avevano nel momento dello scoppio. (Pouillet.)

A bordo della nave *la Rèpulse*, verso le coste di Catalogna, il 13 aprile 1813, il fulmine *uccise otto uomini* ne' cordami e ne ferì gravemente *nove*, de' quali parecchi soccombettero. (Sestier.)

Negli esempî citati da Arago, vedo *otto* uomini uccisi dal fulmine a Sauve (Gard), il 28 ottobre 1844.

Il 27 luglio 1769, verso le 3 pom., il fulmine, sotto forma di palla da cannone del più grosso calibro, cadde nel teatro di Feltre (Marca Trevisana) dove più di seicento persone erano riunite; ferì *settanta* persone, ne uccise *sei* e spense tutti i lumi.

L'11 luglio 1857, trecento persone erano riunite nella chiesa di Grossbad, piccolo villaggio a due leghe da Düren, quando la folgore la colpì. *Cento* persone furono ferite, e *trenta* gravemente. *Sei* furono uccise, ed erano sei uomini vigorosi. (Follin.)

Ne' primi giorni del luglio 1865, il fulmine è caduto sul territorio di Caray (Finisterre), in una garenna dove sedici persone erano occupate a scorticare. *Sei uomini ed un fanciullo* sono stati uccisi dallo stesso colpo e tre altri gravemente feriti. Alcuni sono stati spogliati affatto: i loro abiti erano dispersi a brandelli sul suolo: le calzature erano rotte, stracciate, quasi irriconoscibili. Cosa straordinaria, dicesi che alcuni degli operaî siano stati colpiti a cento metri di distanza gli uni dagli altri.

Ecco un altro fatto bizzarro assai e intricato, riferito dall'*Echo de Fourvières:*

L'ultima domenica di giugno del 1867, alle 2, durante i vespri, cadde il fulmine sulla chiesa di Dancé, cantone di Saint-Germain di Laval.

Al rumore dell'esplosione tenne dietro un silenzio di morte, poi si fece udire un grido, tosto seguìto da cento altri.

Il curato, che credeva essere su lui solo caduta la scarica elettrica, non sentendo però alcun dolore, abbandonò il suo posto ove avviluppavalo una nube di polvere e di fumo, e dalla mensa della comunione parlò ai parrocchiani per rassicurarli: « Non è nulla, disse loro, state al vostro posto, non c'è nulla di male. »

S'ingannava. Venticinque o trenta persone erano più o meno colpite: quattro furono portate via prive di sensi: ma il peggio maltrattato era il fabbriciere. Quando costui fu rialzato, si videro i suoi occhî aperti ma immobili e velati; non dava più segni di vita. I suoi abiti erano bruciati; le scarpe lacere e piene di sangue gli erano state tolte dai piedi.

L'ostensorio esposto nella nicchia era stato gettato a terra. Era pesto, forato nel piede e *l'ostia era scomparsa.* Il prete la cercò a lungo e finì col trovarla sull'altare in mezzo al corporale, sotto un alto strato di calcinacci.

Non rimaneva più che un candeliere sui gradini. Gli altri erano stati rovesciati del pari che i vasi di fiori. Due mazzi erano stati bruciati. Tre o quattro metri degli stalli del coro erano andati in pezzi. In tutti gli angoli della chiesa si sono raccolti i frantumi a centinaja. All'esterno, la cuspide del campanile è stata spogliata e le ardesie raccattavansi ne' campi circonvicini. Il campanile screpolò in più luoghi e un angolo rimase tagliato.

Il 27 agosto 1867, un orribile temporale funestava i dintorni di Limours (Senna e Oise).

Per più ore rombò sordamente il tuono, poi ad un tratto parecchie formidabili detonazioni si fecero udire, e il fulmine cadde in varî luoghi quasi simultaneamente. Erano le dieci e mezza circa. Una famiglia che abitava Cerny-la-Ville e composta di quattro persone, il padre, la madre, una fanciulla e un giovane di ventidue anni, stava occupata nel ricolto quando la nube elettrica la investì. Spaventati,

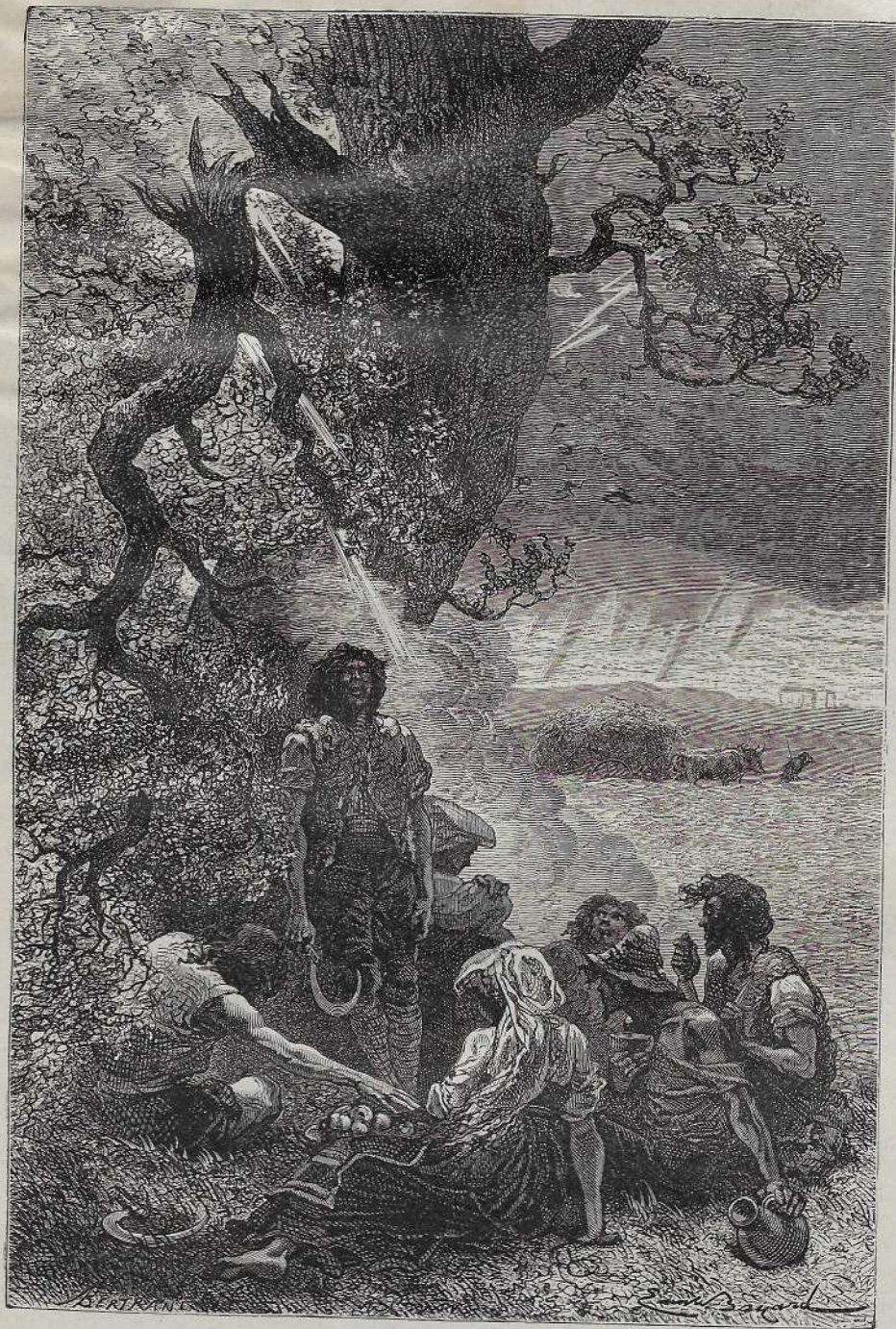



Fig. 212. — Mietitori uccisi all'istante dal fulmine.

cercavano di rannicchiarsi sotto i covoni, ma il fulmine scoppia e passa sul padre che cade come massa inerte per ritornare in sè soltanto dopo un quarto d'ora. Per mala sorte non fu così del figlio, Luigi Troufleau, che cade per non più rialzarsi. La madre e la figlia non furono colpite.

La catastrofe andò accompagnata dalle bizzarrie che spesso tengono dietro alla meteora elettrica. Infatti il rapporto del medico riferisce che il corpo dello sventurato giovane era stato per intero spogliato dal fulmine. A grandi distanze si ritrovarono i brani de' suoi indumenti e specialmente degli stivali. Il fluido elettrico dev'essere entrato dalle spallè, vicino al collo. In queste parti del cadavere vedevansi una dozzina di macchiette nere, simili a quelle che fa il nitrato d'argento o pietra infernale. Dopo di aver seguita la colonna vertebrale, il terribile agente di distruzione è uscito dai piedi, che presentavano due piccole piaghe fatte come collo stampo. La folgore è poi entrata nel suolo, serbatojo comune dell'elettricità, sconvolgendolo in siffatta guisa, che alcuni mietitori, i quali rifugiavansi allora alla fattoria, « saltarono in alto, essi dicono, parecchi piedi ». *

Un uomo, citato dal signor di Quatrefages, ebbe le calze fatte in mille brandelli. una scarpa sua volò all'angolo opposto della camera e due chiodi furono infissi nel pavimento, mentre un altro, seguendo la direzione opposta, era penetrato profondamente nel calcagno del fulminato.

Gli oggetti che si hanno in mano vengono talvolta tolti e lanciati lontano.

Una ciotola fu strappata di mano al bevitore e gettata in una corte senza che si spezzasse e senza che l'uomo rimanesse ferito. — Un giovane diciottenne cantava l'epistola; il messale gli fu tolto con violenza e fatto a brani. — Un frustino fu strappato dal pugno di un cavaliere e gettato lontano. — Due signore facevano calze tranquillamente: passa il fulmine e ruba con bel garbo i ferri.

Il 22 luglio 1868, a Gien (Nièvre), una donna che faceva aspersioni d'acqua benedetta durante il temporale, si vide ad un tratto la bottiglia rotta fra le mani dal fulmine, che demolì nello stesso tempo il mattonato della stanza.

In altri casi vedesi fendere un uomo in due, come con un gran colpo di scure.

Il 20 gennajo 1868, dice il *Journal de Rennes*, il fulmine è caduto a Groix, sul molino a vento di Relard. Il garzone mugnajo è stato colpito mortalmente. Dai piedi alla testa era separato in due. *

I giornali inglesi del 24 e 25 maggio 1868 narrano che il temporale scatenatos su Parigi, nel pomeriggio del 23, era passato nella mattina su Epsom. Qui due spettatori erano in carrozza scoperta. Un fulmine spaccò in due la testa dell'uno e asfissiò il suo compagno, il quale però riebbe tosto i sensi. *

Con bizzarra energìa, spesse volte la folgore strappa le calzature, nè il fulminate perciò è ferito a morte.

L'8 giugno 1868, un impiegato della Compagnia del gas passava dalla via Thonin alle 10 pom. nel momento del temporale, quando si sentì venir meno proprio nel l'istante che vide il lampo. Cadde sulle ginocchia, sentì molta oppressione allo stomaco, e fu in preda a un tremito generale che durò due giorni. Entrato da un venditore di liquori per avere della vulneraria, e dominato da viva commozione,

si esaminò per vedere se non aveva toccata qualche ferita. Quale fu la sua sorpresa quando si accorse che la maggior parte de' chiodi de' suoi stivali erano stati strappati! I chiodi erano a vite e gli stivali quasi nuovi. La forza d'attrazione ha dovuto essere considerevole. *

Questa stranezza era comunicata all'Accademia da Becquerel, allorchè il maresciallo Vaillant soggiunse che, alcuni anni addietro, altra osservazione simile è stata fatta nel bosco di Vincennes; ma l'uomo fu ucciso, e le sue scarpe, i cui chiodi erano stati strappati, ne andarono a qualche distanza.

Leggesi nel *Journal du Loiret,* del 29 maggio 1867, che una donna è stata fulminata durante il temporale, senza essere uccisa, subendo strane scosse. La cuffia fu bruciata e un lato del capo fu completamente raso come se vi fosse passato sopra il rasojo. Penetrato poscia sotto le vesti, il fluido ha lambito tutto il corpo non producendo che leggiere scoriazioni e non bruciando neppure la camicia. Le scarpe andarono a brani, ma i piedi non furono tocchi. *

Il 20 aprile 1867, un coltivatore d'Orbagna, dice il *Courrier du Jura,* Giulio Debanchez, di vent'anni, ritornavasene dal campo, fuggendo il temporale accompagnato da spaventevole tuono. Ad un tratto scoppia il fulmine, gli cava gli stivali, gli strappa e mette a brancelli gli abiti, e spezza in minuzzoli gli zoccoli che portava. Muto pel terrore, intirizzito dal freddo, ferito gravemente e reso sordo, il povero giovane ritorna a casa colla sola camicia. *

Ma tra gli effetti del fulmine, uno de' più straordinari è certamente quello di lasciar l'uomo o l'animale *nella stessa positura* ove la morte improvvisa l'ha sorpreso. Se ne hanno parecchi esempî.

Ecco una giovane, la quale, senza dubbio, è stata colta dal fulmine nello stato in cui fu poscia ritrovata. Ciò avvenne il 16 luglio 1866, nel periodo di un fortissimo uragano. Maritata da quattordici mesi ad un operajo minatore della Ricamarie, dice il *Memoriale della Loira,* essa era andata a trovare la sua famiglia a Saint-Romain-les-Atheux, conducendo seco il proprio bambino di quattro mesi.

Era sola in casa durante il temporale. Quando i suoi congiunti se ne ritornarono, li aspettava un triste spettacolo; la giovane era stata uccisa dal fulmine. Fu trovata ginocchioni in un canto della camera colla testa nascosta fra le mani. Non portava alcuna traccia di ferita. Il bambino, che era nel suo letticciuolo, fu colpito dal fluido appena leggiermente. *

Altro esempio più sorprendente.

Nel mese di luglio 1845, quattro abitanti di Heiltz-le-Manrupt, presso Vitry-le-François, si rifugiarono, tre di essi sotto un pioppo, e il quarto sotto un salice al quale certamente si appoggiò. Tosto dopo, lo sventurato fu colpito dalla folgore; una bianca fiamma usciva dai suoi abiti, e, sempre in piedi presso al salice, pareva ch'ei non si accorgesse di nulla. « Tu bruci! ma non vedi che bruci?... » gli gridavano i compagni. Non ottenendo risposta, gli si avvicinarono e rimasero muti di terrore nell'accorgersi che colui era cadavere. (Sestier.)

Altra osservazione:

Verso la fine del secolo scorso, dice l'abate Richard, il procuratore del Seminario Troyes ritornavasene a cavallo, allorchè fu colpito dal fulmine. Un frate che lo seguiva, non essendosene accorto, credè fosse addormentato, perchè lo vedeva vacillare. Tentò di risvegliarlo, ma lo trovò morto.

Uno tra i fatti più curiosi di tal genere è forse quello di un prete ucciso dal fulmine mentre stava a cavallo. L'animale proseguì la sua strada e ricondusse il cavaliere a casa, nell'attitudine abituale di un uomo a cavallo, dopo di aver percorso due leghe, a cominciare dal luogo ove il fulmine lo aveva colpito. (Boudin.)

Il pastore Butle è stato testimone del fatto seguente da lui narrato. Il 27 luglio 1691, ad Èverdon, dieci mietitori si rifugiarono sotto una siepe all'avvicinarsi di un uragano. Il fulmine scoppiò e ne uccise all'istante quattro, che rimasero immobili, quasi pietrificati. Un altro aveva un cagnolino morto sulle ginocchia e teneva una mano sulla testa dell'animale, coll'altra stringeva un pezzo di pane come per darglielo; un sesto era seduto, cogli occhî aperti e la testa rivolta dalla parte del temporale. Quando vediamo lo stesso fenomeno indicato da varî autori del tempo e di paesi diversi, osserva in proposito il dottor Sestier, ci è impossibile, a dispetto di ciò ch'esso offre di straordinario, di relegarlo nel dominio delle favole.

Cardan narra che otto mietitori, mentre rifocillavansi sotto una quercia, furono colpiti tutti dallo stesso fulmine che si fe' udire da lungi. Allorchè i viandanti si avvicinarono per vedere che fosse accaduto, i mietitori, pietrificati improvvisamente dalla morte, pareva continuassero tranquillamente il loro pasto.

Uno teneva il bicchiere, l'altro portava il pane alla bocca, un terzo aveva la mano nel piatto. La morte avevali sorpresi nella positura in cui erano allorchè esplose il fulmine. Nel suo disegno, Bayard rappresenta sì curiosa scena (fig. 212).

La catastrofe è sì rapida che il viso non ha tempo di assumere alcuna espressione dolorosa. La vita viene sottratta con tale velocità, che i muscoli rimangono nella posizione primitiva. Gli occhî e la bocca sono aperti come allo stato di veglia; se il colore della pelle viene rispettato, l'illusione è completa; supponesi che la vita abiti nel cadavere, e si fanno le meraviglie che non si produca verun movimento

Parecchî tra quei mietitori ebbero la pelle annerita, quasi fossero stati affumicati dall'azione dell'elettricità.

In generale i fulminati cadono istantaneamente e senza dibattersi. È oggi dimostrato da numerose osservazioni, che l'uomo colto dal fulmine in modo da smarrire tosto i sensi, cade senza aver *veduto nulla, inteso nulla, sentito nulla,* in modo che coloro i quali rinvengono non sanno nulla assolutamente dell'avvenuto, e non comprendono quindi perchè si trovino stesi sul suolo od in letto. La elettricità va più veloce della luce e specialmente del suono; l'occhio e l'orecchio sono paralizzati prima che la luce ed il suono abbiano potuto far impressione su di essi.

Si ha un grandissimo numero di esempî d'individui lasciati dal fulmine nella stessa positura in cui erano. Non mancano neppure i casi contrarî.

L'8 luglio 1839, il fulmine investì una quercia presso Triel (Seine et Oise) e colpì due operaî tagliapietre, padre e figlio. Questi fu ucciso all'istante, sollevato e trasportato alla lontananza di 23 metri.

Il chirurgo Brillouet, sorpreso da un temporale presso Chantilly, fu involato dal fulmine e trasportato come una massa nell'aria per essere deposto 25 passi lontano.

Il 2 agosto 1862, la folgore cadde sul parafulmine del padiglione d'entrata della caserma del principe Eugenio a Parigi. I soldati stavano per mettersi a letto. Tutti quelli che già vi erano si trovarono in piedi, mentre quelli che tenevansi in piedi furono distesi al suolo.

Talvolta il corpo dei fulminati rimane flessibile dopo morto come in vita. Il 17 settembre 1780, un violento temporale scoppiò su Mast-Burn (Gran Bretagna). Vi rimasero uccisi un cocchiere ed un domestico. « Quantunque i corpi siano restati insepolti dalla domenica al martedì, dice l'osservatore, tutte le loro membra erano flessibili come quelle delle persone vive. » (Sestier.)

Talvolta il cadavere è stecchito al pari del ferro e così anche si conserva. Il 30 giugno 1854, un carrettiere di 35 anni fu fulminato a Parigi. Il giorno appresso, il dottor Sestier vide il suo cadavere alla Morgue: era irrigidito e lo si muoveva come un pezzo solo; due giorni, cioè scorse quarantaquattro ore dalla morte, tale rigidità risultava ancora assai spiccata. Alcuni anni sono il fulmine colpì nel comune di Hectomare (Eure), un tal Delabarre, che teneva in mano un pezzo di pane. I nervi erano stati contratti sì fortemente, che non fu possibile di strapparglielo.

Talvolta, finalmente, all'opposto, il cadavere del fulminato si rammollisce e si decompone rapidamente, esalando un puzzo insopportabile. Il 23 giugno 1794, il fulmine uccise una signora in una festa da ballo a Dribourg. Il cadavere mandò tosto un singolare odore di putrefazione. Il medico potè appena esaminarla, chè c'era pericolo di smarrire i sensi. Gli abitanti della casa furono costretti ad uscire tutti 36 ore dopo la morte, tanto era penetrante il fetore. Con gran difficoltà fu posto il puzzolente cadavere nel feretro; cadeva a pezzi.

Tutti questi fatti sono strani, bizzarri inesplicabili. Ma qual nome dare ai seguenti, alle imagini incise dal fulmine sulle carni dei fulminati, alla ceraunografia, come la fu chiamata, all'atto del *fulmine fotografico?* E però abbiamo numerosissimi casi autenticamente constatati di impressioni foto-elettriche dovute ad un tatuaggio disegnato dalle mani del tuono.

Abbiamo già veduto più sopra un fenomeno che si riferisce a siffatte produzioni d'imagini: è quella di una fibbia di tenda segnata sulla fronte del capitano fulminato nel campo di Châlons il 7 maggio 1869, quantunque la fibbia fosse all'esterno della tenda e situata lontano 8 o 10 centimetri, e che per di più sia stata lanciata alla parte opposta, 23 passi dalla tenda. È questo indubbiamente un trasporto elettrico di vapore o di polvere d'acciajo effettuato all'istante, nel momento del colpo, tra la fibbia e la fronte del fulminato.

Ecco altri esempî più completi:

Nell'agosto 1869, due uomini ed una donna sono stati uccisi a Neuf-Brissach sotto un pioppo, e sono ancor oggi sepolti nel luogo dove furono fulminati. Uno di essi aveva sulla guancia una fotografia, facilissima da riconoscersi, della scorza dell'albero.*

Il 29 maggio 1868, un temporale fortissimo giunse su Chambéry nel momento in

cui un distaccamento del 47.mo di linea esercitavasi al bersaglio, alle Charmettes. Mentre i soldati continuavano a tirare, alcuni uomini si rifugiarono sotto gli alberi lungo la strada. Non appena vi furono che il fulmine, cadendo su un castagno, stese a terra sei militari. Uno di essi, colpito a morte, soccombette dopo un quarto d'ora, pronunciando qualche parola. Due ore appresso l'esame del cadavere ha permesso al medico dell'ospedale di Chambéry di constatare la produzione d'imagini foto-elettriche.

Sul membro superiore destro vedevansi tre mazzetti di foglie di color rosso violaceo, dove più dove meno oscuro, e riprodotti ne' loro minimi particolari, colla fedeltà fotografica più perfetta. Il primo, situato alla parte media della faccia anteriore dell'avambraccio, rappresentava un ramo allungato munito di foglie di castagno; il secondo, che sembrava formato di due o tre rami riuniti, mostravasi in mezzo al braccio, il terzo era nel centro della spalla. •

I giornali del marzo 1867 hanno riprodotto il fatto seguente, pubblicato dai fogli inglesi. Tre fanciulli avevano cercato ricovero sotto un albero. Scoppia il fulmine, cade sull'albero e descrive tutt'intorno una serie di cerchi. I fanciulli, per un momento atterriti, ripigliano i sensi e uno presenta, su un lato del corpo, l'imagine perfetta dell'albero che lo proteggeva. La fotografia era sì esatta che distinguevansi facilmente le foglie e le fibre de' rami. •

Il 27 giugno 1866, il fulmine cadde su un tiglio a Bergheim (Alto Reno). Due viaggiatori, postisi al coperto sotto l'albero, sono stati buttati a terra svenuti; uno, stato rialzato più d'un metro, ricadde sulla schiena. Si ritenevano per morti, ma mercè le immediate cure si sono riavuti. I viaggiatori portano sul dorso e fin sulle coscie l'impronta, quasi fotografata, delle foglie di tiglio. Il disegnatore più esperto non avria potuto far meglio. — Il rapporto su questo fulmine fu dato da Hirn, corrispondente dell'Istituto, e noi l'abbiamo inserito nel *Cosmos*, 1866, t. II, pag. 226.

La mia raccolta sul fulmine mi offre un estratto francese del *Wiener Nachrichten*, anno 1865, dove questo stesso fatto si complica con un caso bizzarro assai.

Un medico dei dintorni di Vienna, il dottor Derendinger, ritornavasene a casa colla ferrovia. Nello scendere si accorse di non aver più il borsellino che di sicuro eragli stato involato.

Il portamonete era di tartaruga, e da una banda, intagliate in acciajo, portava le iniziali del dottore, due D incrociati.

Alcun tempo dopo, il dottore fu chiamato presso uno sconosciuto stato trovato esanime sotto un albero e colpito dal fulmine. La prima cosa che il dottore osservò sul malato fu la propria firma come fotografata sulla pelle della coscia. Si figuri il lettore la sorpresa di lui. Le sue cure poterono rianimare il malato, ch'ei fece trasportare all'ospizio. Quivi giunto, il medico annunciò che negli abiti doveva rinvenirsi un portamonete di tartaruga. Il fatto fu vericato e l'uomo colpito dal fulmine era il ladro.

Il fluido, nell'investirlo, era stato attirato dal metallo del portamonete, e nel fondere la cifra incrostata, per uno de' suoi strani capricci sì conosciuti, ne aveva lasciata la traccia sul corpo.

Il giornale aggiunge che il ladro, così sorpreso in flagrante delitto stava per essere tradotto in carcere, quantunque pretendesse di aver trovato il portamonete.

Il 4 settembre 1864, tre contadini erano occupati a cogliere pere nelle vicinanze del borgo di Nibelle (Loiret), quando il fulmine cadde, girò intorno all'albero a modo di spirale e uccise un uomo. Gli altri due ricuperarono i sensi, e uno portava sul petto, daguerrotipate con grande chiarezza, rami e foglie di pero. (Dottor Labigue, *Moniteur Universel* del 9.)

Potremmo aggiungere a queste fotografie prodotte dal fulmine i ventiquattro altri raccolti dall'astronomo A. Poey, nostro collega; potremmo ricordare con Raspail che un ragazzo, fulminato mentre stava togliendo un nido su un pioppo, conservò sul petto il disegno del *nido* e dell' *uccello:* citare l'esempio della signora Morosa di Lugano, che seduta presso la finestra durante un temporale, ebbe ad un tratto, quale compimento di una scossa, un *fiore* perfettamente *disegnato* sulla sua gamba, e che non si cancellò mai; riferire la storia di quel marinajo fulminato nella rada di Zante (isole Jonie) che ricevette sul petto la fotografia del numero 44 attaccato ad uno degli attrezzi della nave; ma noi ci limiteremo a chiudere l'enumerazione de' curiosi effetti della folgore col seguente che lasciò tanta impressione sullo scorcio del penultimo secolo.

Il 18 luglio 1689, il fulmine cadde sul campanile della chiesa di San Salvatore a Lagny, e impresse sulla tovaglia dell'altare le parole della consacrazione, incominciando da: *Qui pridie quam pateretur...* fino alle ultime: *Hæc quotiescumque faceritis, in mei memoriam facietis,* omettendo le parole stesse dell'Eucaristia: HOC EST CORPUS MEUM EHIC EST SANGUIS MEUS. Questo testo era stampato da destra a sinistra. Il canone dell'altare che lo portava era caduto sulla tovaglia ed era stato riprodotto, ad eccezione delle parole omesse, che apparivano impresse in rosso. La fotografia oggi ci ajuta a comprendere tal riproduzione parziale. Ma comprendesi come il prodigio abbia sorpreso, nel secolo di Luigi XIV, coloro che lo hanno osservato.

Alle fotografie col fulmine, possiamo aggiungere i fatti di *galvanoplastica* per opera dello stesso agente, e di trasporto di metalli in quantità più o meno rilevante.

Il 25 luglio 1868, durante un gran temporale, M. P..., vecchio ragioniere, stava presso il ponte dell' Erdre, sulla riva di Flesselles. Mentre egli affrettava il passo, fu avviluppato da un lampo vivissimo, ma proseguì la via senza provare alcun malessere. Aveva in tasca un borsellino contenente due monete d'argento in una divisione, e una moneta d'oro da 10 franchi in un'altra. L'indomani, aperto il borsellino, u assai sorpreso di trovare al posto della moneta d'oro una moneta bianca. A bella prima M. P... credè d'essersi sbagliato. Pure, esaminata la moneta più da vicino, riconobbe che l'indicazione del valore era intatta. Uno strato d'argento tolto alla moneta di un franco ricopriva le due faccie della moneta da 10 franchi. La moneta d'argento, leggiermente diminuita, particolarmente sui baffi del capo dello stato, era in quei punti leggermente azzurrognola. Il signor Bobierre, chimico, ha riconosciuto in questo fenomeno il risultato di un'azione galvanoplastica. Il fatto più curioso è che questo trasporto dell'argento sovra una superficie d'oro si è effettuato *attraverso l'involucro della pelle* del compartimento del borsellino.

Fig. 213. — Nave tagliata pel mezzo dal fulmine.

In altri casi, vedesi il fulmine cadere su una casa, seguire le dorature dei cornicioni, delle cornici, portarle via di netto per dorare oggetti per nulla destinati a ricevere tale ornamento. Il 15 marzo 1773, a Napoli, esso percorse l'appartamento di lord Tylnez, che quella sera aveva veglia. Più di cinquecento persone erano presenti; senza ferirne alcuna, il fulmine levò per intero le dorature delle cornici, delle guide delle tappezzerie, de' seggioloni e de' piedritti degli usci!...

Il 4 giugno 1797, cadde il fulmine sul campanile di Philippshofen, in Boemia, e tolse l'oro al quadrante per indorare il piombo della finestra della capella.

Nel 1761, penetrò nella chiesa del collegio accademico di Vienna, e prese l'oro dalla cornice di una colonna dell'altare per deporlo sopra un'ampollina d'argento.

Un uomo fu scottato gravemente dal fulmine nel 1783, nel Delfinato; i cordoncini d'oro della sua borsa furono fusi in parte, e il metallo trasportato sopra una fibbia delle sue scarpe, in forma di perle perfettamente sferiche.

Con questa ingegnosa fusione di perle d'oro si può confrontare la seguente, invero formidabile.

Il 20 aprile 1807, cadde il fulmine sul molino a vento di Great-Marton, nel Lancashire. Una grossa catena di ferro, che serviva ad alzare il grano, dovette essere se non fusa, considerevolmente rammollita. Infatti, gli anelli tirati dall'alto al basso dal peso inferiore si riunirono e si saldarono per forma che, passato il fulmine, la catena era divenuta una sola barra di ferro. (Arago.)

Ecco, a mo' di contrasto, un processo di fusione di squisita delicatezza, riferito da Beyle nelle sue opere.

Due grandi bicchieri, in tutto uguali, stavano l'uno vicino all'altro su una tavola. Viene il fulmine e si dirige con tale esattezza sui bicchieri da far supporre sia passato tra essi. Nè l'uno nè l'altro però erano rotti; uno era leggiermente alterato, l'altro appariva sì piegato da un rammolimento istantaneo, che a mala pena poteva star ritto sulla propria base.

Nel luglio del 1783, a Campo Sampiero Castello (Padovano), il fulmine colpì un fabbricato pieno di fieno che aveva finestre e vetri, e fuse i vetri senza metter uoco al fieno.

A lato di codeste inezie abbiamo fatti mostruosi come il seguente:

Al castello di Clermont in Beauvaisis, c'era un muro leggendario, formidabile, grosso 10 piedi, costruito sino dal tempo dei Romani, secondo la tradizione, il cui cemento duro come la pietra, a fatica avrebbe sopportata la demolizione. Un giorno, dice Nollet, lo colpì la folgore e vi scavò istantaneamente un buco profondo 2 piedi e largo altrettanto, gettando i materiali oltre 50 piedi lontano.

In uno studio da me stampato nel *Cosmos*, il 28 giugno 1865, narro il fatto di un pioppo spaccato in due dal fulmine il 14 maggio precedente, a Montigny-sur-Loing. Una metà è rimasta intatta in tutta la sua altezza. La parte fulminata è stata tagliuzzata in minuti frammenti lanciati fino a 100 metri Codesti minuzzoli che mi sono stati mandati, sono in siffatta guisa disseccati e filamentosi che meglio si piglierebbero per canapa anzichè per legno.

Il 1.° luglio 1866, io pubblicavo nella stessa rivista la relazione di un colpo di fulmine analogo. La folgore scagliatasi il 19 aprile su una quercia della foresta di Vibraye (Sarthe), aveva tagliato un albero di metri 1,50 di circonferenza, a due terzi della sua altezza, triturati i due terzi inferiori, i cui minuzzoli furono disseminati a 50 metri intorno, e piantato in certa guisa il terzo superiore proprio nel punto ov'era il tronco primitivamente. Vedesi a primo tratto sui frammenti de' rami, che gli strati concentrici annuali sono stati separati dalla essiccazione subitanea del succo, così che i filamenti sono rimasti saldati insieme solo dove i nodi hanno opposto maggior ostacolo alla separazione.

Il 2 luglio 1871, alla fattoria d'Etiefs, presso Rouvres, cantone d'Auberive (Alta Marna), il fulmine è caduto sopra un vecchio pioppo che contava 60 anni, alto 30 metri e di 3 metri di circonferenza, a 1 metro dal suolo, e gli strappò tanta legna da farne una catasta di 65 centimetri di lato e 50 di altezza.

Il 13 agosto 1871, una violenta bufera si scatenò sui dintorni d'Angers. Verso le 9 e 10, scrive A. Cheux all'Osservatorio di Montsouris, un lampo abbagliantissimo infocò tutto il cielo all'O. S. O. e fu immediatamente seguito da un fortissimo colpo di tuono, simile ad una scarica d'artiglieria. Il fulmine era caduto alla Pointe (comune posto a 2 leghe da Angers, al S. O.) sovra un pioppo bianco d'Olanda, del quale schiantò parecchi rami, che furono trasportati lontano 155 metri circa dal luogo fulminato. La scorza dell'albero fu levata completamente e sparpagliata intorno al pioppo.

La scossa elettrica fu sì violenta, che alcune persone, le quali stavano in una casa vicina a quest'albero, dinanzi ad una finestra aperta, furono respinte con gran forza in fondo alla camera, i loro capelli si rizzarono, e furono in preda ad una viva agitazione che durò più giorni: una di esse guarì interamente da un dolore nella spalla, che durava da parecchi mesi.

Nel marzo 1818, a Plymouth, un abete di oltre 100 piedi di altezza e 14 di circonferenza, oggetto di ammirazione del paese, scomparve schiantato e fatto a pezzi. Alcuni frammenti furono lanciati lontano 250 piedi. Una quercia alta 25 metri, fulminata a Thury, il 25 agosto dello stesso anno, fu svelta per esaminarla diligentemente, e si constatò che gli strati concentrici del legno si staccavano gli uni dagli altri, come tubi da cannocchiali!

Ma che havvi di più spaventoso della caduta del fulmine sulle navi?... Eccone una che fu letteralmente spaccata nel mezzo.

Il 3 agosto 1852, la nave *Mosè*, nella traversata da Ibrail a Queenstow, fu sorpresa in vista di Malta da un violento uragano. Sulla mezzanotte il fulmine investì l'albero di maestra, e, scendendo nel corpo del bastimento, lo spaccò in due; immediatamente affondò. Equipaggio e passeggieri perirono. Il capitano Pearson era sul ponte. Ebbe il tempo di gettarsi su una trave galleggiante, su cui si sostenne per 17 ore. La nave scomparve in tre minuti. (*Nautic. mag.*, XVIII, pag. 200.) È questo il formidabile colpo di folgore rappresentato da Jules Noël nel suo disegno.

In principio del secolo nostro, la nave *Royal-Charlotte*, a Diamond-Harbour, nel

fiume Hoogley, saltò in mille pezzi per l'esplosione della polveriera fulminata. La detonazione fu udita lontano e la scossa si fece sentire più miglia intorno.

Il 18 agosto 1769, cadde il fulmine sulla torre di San Nazaro a Brescia. La torre posava su un magazzino sotterraneo contenente un milione di chilogrammi di polvere di proprietà della Repubblica di Venezia... La torre, lanciata per intero nell'aria, ricadde come pioggia di pietre. Una parte della città fu atterrata .. Tremila persone perirono.

Tale è la forza del fulmine. Eppure, con tanta potenza — e qui finiremo — talvolta si diverte benevolmente, come ora vedremo:

Fig. 214. — Il fulmine a palla che attraversa una cucina ed un granajo.

Una giovane contadina stavasene in un prato, non lungi da Pavia, dice l'abate Spallanzani, il 29 agosto 1791, durante un temporale, allorchè ad un tratto le apparve ai piedi un globo di fuoco grosso come due pugni. Scivolando sul suolo quel piccolo fulmine in forma di palla giunse sui suoi piedi nudi, li accarezzò, si insinuò sotto le sue vesti, uscì verso la metà del busto, mantenendo la forma globulare, e lanciossi nell'aria con rumore. Nel momento in cui il globo di fuoco penetrò sotto le gonnelle della fanciulla, queste si allargarono come un ombrello. Essa cadde rovescioni. Due testimonî del fatto si affrettarono a recarle soccorso. Era rimasta incolume! L'esame medico fece soltanto osservare sul suo corpo una erosione superficiale estendentesi dal ginocchio destro fino in mezzo al petto, tra le mammelle; la camicia era stata stracciata in tutta la parte corrispondente. Si notò un buco di due linee di diametro che attraversava fuor fuori la pettorina del busto (*Opusc.* t. XIV, p. 206.)

Il signor Babinet ha comunicato il fatto seguente, non meno bizzarro, all'Accademia delle scienze, nella seduta del 5 luglio 1852.

In via San Giacomo a Parigi, nelle vicinanze di Val-de-Grâce, il fulmine a palla uscì dal camino di una camera abitata da un operajo sarto, rovesciando il telajo di carta che lo mascherava. Cotesta pallottola di fuoco somigliava ad un miccino di media grossezza, raggomitolato su sè stesso e che movevasi senza zampe. Egli se le avvicinò come per giuocare, ma tenendo discosti alquanto i piedi per evitare il contatto di cui aveva paura grandissima. Scorsi alcuni secondi, un globo di fuoco si elevò verticalmente alla testa dell'operajo seduto, che lo guardava e che, per ischivare di essere toccato in volto, si rialzò arretrandosi. La meteora continuò ad alzarsi, e si diresse verso un buco praticato nella canna del camino per farvi passare un tubo di fornello in inverno « ma che il fulmine non poteva vedere, disse l'operajo, perchè era chiuso con carta incollatavi sopra ». Il globo distaccò la carta senza guastarla, entrò lentamente nel camino, e quando fu in cima produsse una esplosione spaventevole che demolì il comignolo, ne gettò gli avanzi nella corte e sprofondò i tetti di parecchie piccole costruzioni.

Il 10 settembre 1845, verso le 2 pom., mentre infieriva un violento uragano, il fulmine investì una casa del villaggio di Salagnac (Creuse). Alla detonazione, che fu fortissima, una palla di fuoco scintillante scese dal camino. Un ragazzo e tre donne che stavano colà non ne soffrirono danno veruno. Essa rotolò poscia verso il mezzo della cucina e passò vicino ai piedi di un giovane contadino che vi era in piedi. Indi entrò in una stanza a fianco della cucina e vi scomparve senza lasciare alcuna traccia. Le contadine spaventate instavano perchè il giovane vi ponesse su il piede per ispegnerla; ma questi, ricordando di essersi fatto elettrizzare ai Campi Elisi in un viaggio a Parigi, riteneva prudente di evitare, al contrario, qualsiasi contatto. In una piccola scuderia vicina si trovò ucciso un majale che vi stava rinchiuso. Il fulmine aveva attraversato la paglia senza appiccarvi fuoco. (Sestier).

Il 12 luglio 1872, un nuovo esempio di *fulmine a palla* mostrossi nel comune di Hécourt (Oise). Durante il temporale, videsi una pallottola di fuoco, grossa come un uovo, bruciare sul tetto. Si tentò di spegnerla; ma tutto fu inutile e in breve la casa, le abitazioni vicine e i granaî furono in preda alle fiamme.

Il 23 luglio, in via Rodier, a Parigi, il fulmine si è parimenti manifestato sotto forma di palla.

Siffatti casi di *fulmine a palla* sono autenticissimi. È probabile però che di soventi certi scoppî di folgore, visti da lontano, simulino la forma globulare, sebbene non siano che semplici lampi. Così il 2 luglio 1871, a mezzodì, mio fratello Ernesto Flammarion, ch'era a Rouen, sotto il peristilio del Palazzo di giustizia, fu avviluppato in compagnia d'un suo amico da vasto lampo di forma circolare, che parve alzarsi con gran violenza dal suolo nel momento in cui scoppiò la folgore, e colpì un parafulmine dell'edificio. Da lontano si credette di vedere una grossa palla di fuoco precipitarsi dal suolo verso la nube; da vicino non era che un lampo. Forse il fulmine globulare è dipendente da un fenomeno di elettrizzazione per influenza, perchè sempre non ha l'elettricità del suolo sufficiente tensione per giungere nell'istante a quella della nube, e perciò attende un cambiamento di condizioni.

CAPITOLO IV.

Distribuzione geografica dei temporali.

Statistica del fulmine.

Siccome gli uragani sono una manifestazione dell'elettricità atmosferica, e fra tutte la più spiccata, comprendesi la loro maggiore frequenza nei paesi caldi, e la loro diminuzione, in numero ed in densità, dall'equatore movendo ai poli.

In nessuna parte del globo gli uragani sono sì forti come fra i tropici. Secondo i viaggiatori, nei climi nostri non possiamo formarci una idea della violenza di tali bufere; nella regione delle calme c'è il temporale quasi tutti i giorni; e però si potrebbe denominarla la regione degli eterni uragani.

Il più delle volte essi accompagnano i grandi movimenti atmosferici da noi esaminati nel capitolo dei Cicloni. La tempesta, gli uragani, i tifoni si circondano delle manifestazioni della elettricità, sviluppano su larga scala questo elemento ovunque sparso in abbondanza, e disseminano sul loro passaggio le folgori del lampo e le cannonate del tuono. Spesso i temporali dei nostri climi non sono che la conseguenza dei cicloni dell'Atlantico, e nella Francia, essa pure temperata, la corsa loro si effettua comunemente dal sud-ovest al nord-est.

Man mano che c'inoltriamo verso le alte latitudini delle regioni polari, gli uragani diminuiscono. Così la media del numero dei giorni di temporale è di 60 a Calcutta, di 40 a Maryland (Stati Uniti, 39° di latitudine), di 20 al Canadà (Quebec, latit. 46°), di 15 a Tolone, di 12 a Parigi, di 9 a Londra ed a Pietroburgo, di 0, o giù di lì, allo Spitzberg.

Vi sono però eccezioni, come abbiam visto per la distribuzione del calore e per quella delle pioggie. Pare, per esempio, che a Lima, al Perù, non tuoni mai, quantunque non siano regioni intertropicali. In Norvegia, all'opposto, si contano tanti giorni di tuono quanti a Parigi.

Gli uragani avvengono specialmente in estate nei nostri climi. La loro proporzione, per l'Europa occidentale intiera, è di 53 per l'estate, 21 per l'autunno, 18 per la primavera, 8 per l'inverno. Se ci allontaniamo dalle coste e guardiamo soltanto l'interno dell'Europa, la pro-

porzione è di 78 per l'estate, 16 per la primavera, 6 per l'autunno, e 0 per l'inverno. Non è lo stesso se ci avviciniamo ai poli, ove le spiaggie irregolari dei continenti, le penisole sì numerose, le correnti marittime, i ghiacci variabili sembrano portare varî elementi d'irregolarità. Così a Bergen vi sono più temporali d'inverno che d'estate, pochissimi in autunno ed ancor meno in primavera. Senza andar tanto lungi, vi sono più uragani da grandine d'inverno che d'estate.

Fino dal 1863, l'Osservatorio di Parigi, mercè la mente progressiva e provvida di V. Duruy, ministro del quale la Francia serberà per molto tempo cara memoria, ha potuto ordinare un servizio generale di osservazioni di temporali su tutta l'estensione del paese. Commissioni dipartimentali s'incaricano di raccogliere le constatazioni prese dagli istitutori. I documenti ebbero il loro centro a Parigi, e, col concorso di carte dipartimentali, si poterono portare sulle carte di Francia i documenti meteorologici d'ogni giorno, farne la sintesi e seguire facilmente la direzione, la velocità e l'ampiezza degli uragani.

Risulta chiaramente da siffatto lavoro complessivo, dice Marié Davy, che i temporali non sono fenomeni localizzati, come fino allora era stato ammesso. Essi estendonsi sempre ad una parte considerevole della Francia, e talvolta la attraversano in tutta la sua estensione, su una linea più o meno larga, ma che non troppo di rado va oltre 200 o 300 leghe di lunghezza. Essi esigono, per formarsi, una certa preparazione d'atmosfera, ciò che permette di prevedere il loro arrivo. Accompagnano costantemente i moti giranti dell'aria.

Fra le numerose carte disegnate all'Osservatorio, una delle più istruttive è, tra l'altre, quella del 9 maggio 1865 (fig. 215). Con facilità seguesi l'andamento dell'uragano, d'ora in ora, dal mezzodì fino al nord della Francia. Abbiamo già parlato di questo lungo e ragguardevole temporale nel capitolo delle grandini. Esso accompagnava una gran burrasca, che attraversò la Francia dall'O. S. O. al N. N. E. e il cui centro di depressione toccò la parte orientale dell'Inghilterra la mattina del 9.

Di sovente formansi od attiransi sul continente temporali secondarî; in tal caso essi non si estendono a molti dipartimenti, provengono da nubi meno elevate delle precedenti e subiscono l'influenza del rilievo del suolo, s'aggrappano alle montagne e seguono i corsi d'acqua e le valli, sulle quali esse versano largamente la gragnuola, come abbiamo veduto.

I temporali compiono comunemente una funzione utile e riparatrice nel sistema organico e terrestre; ripuliscono l'atmosfera ed il suolo, scacciano i miasmi, rinnovano l'elettricità, fanno circolare l'ossigeno, distribuiscono l'ozono, ringiovaniscono la natura. Sono di quelle scosse violenti e salutari come ne occorrono talvolta a noi stessi per iscuoterci

dal torpore e tenere sveglia la vita. Quando la tempesta è passata, siano pure stati scossi oltremodo i rami, sia ricoperto di frondi il suolo, il bosco profumato sorride al cielo, ed esala profumi, che non sono mai così intensi nè così puri come dopo una pioggia temporalesca.

L'azione salutare degli uragani, in meteorologia, non deve però farci

1/8500000

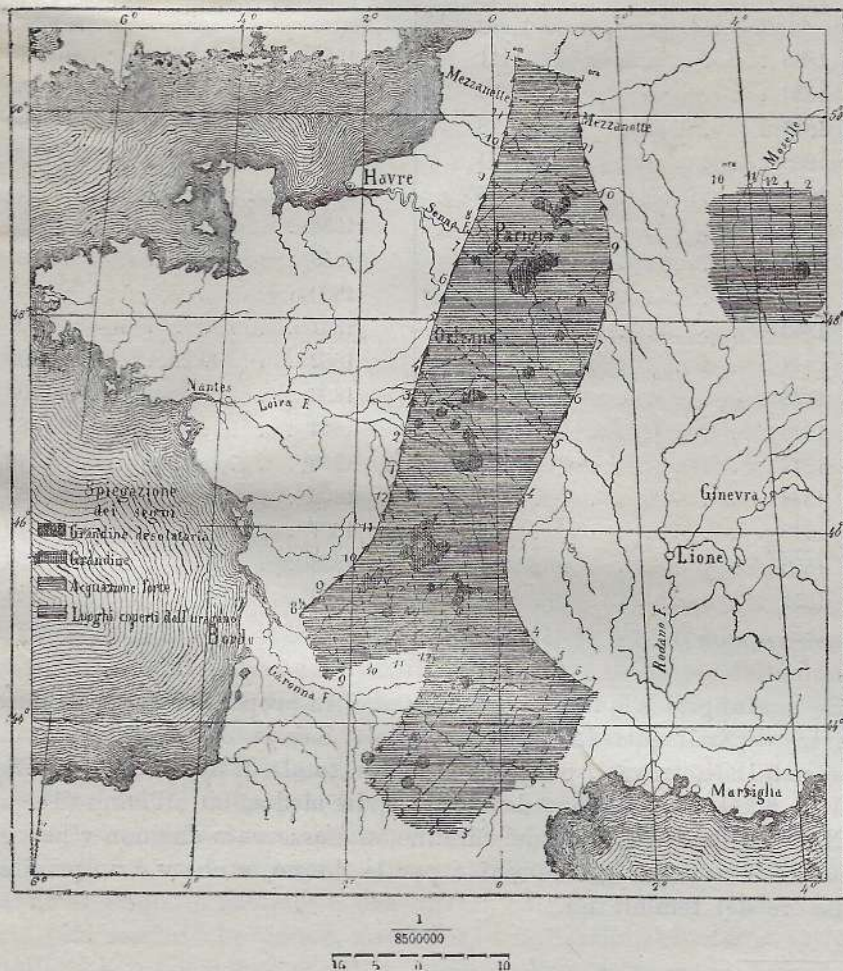



Fig. 215. — Traslazione dell'uragano del 9 maggio 1865.

dimenticare i funesti accidenti tra cui nell' ultimo capitolo abbiamo osservato tante singolarità curiose. Possiamo all'incontro chiedere alle statistiche il numero delle vittime del fulmine.

Quanti uomini uccide il fulmine ogni anno?

Dal 1835, il ministro della Giustizia constata annualmente i decessi cagionati dal fulmine. Il dottor Boudin continuò tale statistica fino al

1863, ed io l'ho proseguita fino ad oggi, mercè la gentilezza del direttore degli uffici criminali. Le cifre non sono peranco fissate per l'anno 1870, sì agitato da un uragano ben altrimenti terribile che quello del cielo. Ecco il risultato di questa statistica:

Anno	Numero di persone uccise dal fulmine in Francia	Anno	Numero di persone uccise dal fulmine in Francia
1835	111	1853	50
1836	59	1854	52
1837	78	1855	96
1838	54	1856	92
1839	55	1857	108
1840	57	1858	80
1841	59	1859	97
1842	73	1860	51
1843	48	1861	101
1844	81	1862	100
1845	69	1863	103
1846	76	1864	87
1847	108	1865	140
1848	79	1866	136
1849	66	1867	119
1850	77	1868	156
1851	54	1869	112
1852	104		2988

Se aggiungesi a questo numero una cifra proporzionale di 86 decessi pei tre dipartimenti dell'annessione della Savoja, che non figurano qui fino nel 1861, trovasi, per la Francia, un totale di 3074 fulminati. Sono più di 3000 a cominciare dal 1835, o, in media, 90 all'anno (1).

Nell'esaminare le gesta del fulmine, si è osservato che non v'ha uguaglianza di casi per gli uomini e per le donne, e che v'è un privilegio a favore del femminino.

---

(1) Le vittime del fulmine non sono rappresentate soltanto dagli individui uccisi *all'istante*, sola categoria di cui la *giustizia criminale* faccia la statistica annuale. Esiste una categoria di feriti la cui cifra supera di molto quella delle morti improvvise.

Si può ammettere senza tema di esagerare che il numero totale dei feriti è almeno tre volte maggiore di quello delle persone uccise. Risulterebbe dal numero di 3074 persone uccise *all'istante* dal fulmine dal 1835 in avanti, che potriasi valutare il totale delle vittime del fulmine in Francia, nello stesso periodo, a 10000 circa o ad una media annuale di 300.

Qualora si ammetta la stessa proporzione pel complesso della popolazione del globo, trovasi che il numero delle persone *uccise* dal fulmine può essere ritenuto di *diecimila all'anno* sulla superficie del globo È qualcosa; è troppo di certo. Ma è ben poco in confronto alla distruzione della guerra: 400 000 all'anno in media sull'intero globo.

Dal 1854, il ministro della Giustizia, dietro domanda del dottor Boudin ha redatto la statistica dei morti per fulmine, distinguendo gl'individui dei due sessi. Ora, su 1630 persone uccise in Francia dal fulmine, dal 1854 al 1869, ecco quale è stata la loro divisione secondo il sesso:

Anni	Sesso maschile	Sesso femminile	Totali
1854	38	14	52
1855	72	24	96
1856	64	28	92
1857	84	24	108
1858	58	22	80
1859	65	32	97
1860	36	15	51
1861	66	35	101
1862	74	26	100
1863	80	23	103
1864	61	26	87
1865	81	59	140
1866	99	37	136
1867	80	39	119
1868	117	39	156
1869	85	27	112
	1160	470	1630

Questo specchio ci dà il numero di 470 donne e 1160 uomini uccisi, e cioè gli uomini uccisi dal fulmine sono più del doppio delle donne, da due a tre volte di più, ed esattamente: 2,47. Su 100 persone fulminate, si contano 71 maschî e 29 femmine soltanto. I computi fatti negli altri paesi approdano allo stesso risultato. A che devesi attribuire il rispetto del fulmine pel sesso *debole?* A quale galanteria vuolsi ascriverlo? — Tale differenza proviene indubbiamente dal semplice fatto che i casi del fulmine seguono sopratutto nei campi, e, in generale, quando il tempo è cattivo, e che altresì nell'agricoltura stanno all' aperto più uomini che donne, perocchè le molteplici cure della famiglia e della casa sono dovunque il retaggio della compagna dell' uomo.

Si è pure osservato che in un gruppo parimenti composto dei due sessi il fulmine investisce di preferenza gli uomini. Forse la loro statura più elevata li dispone di più, forse gli abiti muliebri sono migliori protettori; fors'anche infine il corpo ha una diversa conduttibilità nei due sessi... Di rado i fanciulli sono uccisi. Così, per citare un secondo esempio, vedo che nel settembre 1867, a Comerly (Corrèze), il fulmine ha tolto dalle braccia di una fanciulla un bambino e l' ha gettato sotto un letto senza fargli alcun male.

Si è notato inoltre che pare abbia il fulmine certe predilezioni per edifici, oggetti ed anche persone.

Gli *Avvisi de' Vescovadi di Lorena* narrano il fatto seguente: « il 22 agosto, verso mezzanotte, cadde il fulmine a Metz, presso le caserme di Chambrière. Dopo di avere spaccata la pietra dell'imposta della scuderia num. 3, portasi alla finestra del primo piano, ne rompe i telaî, liquefa i piombi, spezza i vetri; poi pigliando la direzione lungo una fascia di ferro, penetra nella commessura della pietra del vano di una finestra, manda in pezzi la pietra, vola al secondo piano, solleva un'asse e opera alla finestra di questo piano lo stesso guasto che al primo. Dal secondo piano alzasi in un abbaino, vi fa cadere molto gesso, rompe una gerla, passa sul tetto, sgretola le ardesie su una lunghezza di 75 cm., passa dall'altra parte del tetto, spezza assi ed ardesie nello spazio di circa 2 metri quadrati, e termina la sua corsa introducendosi dalle piccole fenditure del tubo di un camino vicino, da cui esso entra nella camera di un ufficiale, cade sul focolare, cambia posto alle molle, alla pala da fuoco, fa volare le ceneri in mezzo alla stanza e scompare dal camino. Cosa da notarsi, *fu nella stessa camera che cadde il 27 maggio 1766*, alle 10 pom., quando l'incendio consumò la caserma. »

Il 10 settembre 1841, il fulmine cadde a Péronne, nella stanza dove, 25 anni innanzi, poco mancò non uccidesse Béranger.

Il 29 giugno 1763, il fulmine penetrò nella chiesa d'Antrasme, liquefece le dorature delle cornici e delle colonne di certe nicchie, annerì le ampolline di stagno poste su un armadio, forò in due punti la credenza contenuta in una nicchia di pietra. Riparato che fu a tali guasti, il 20 giugno 1764 il fulmine cadde sulla stessa chiesa, annerì e fuse le dorature che, nel 1763, erano state annerite e fuse, e, nelle medesime proporzioni, abbrustolì le due ampolline e sturò i due buchi già stati turati e dipinti a nuovo.

Su dodici navi fulminate più volte, e citate da Mèriam, troviamo le seguenti notizie:

Nel 1845, la nave *le Saxon*, colpita due volte in dieci giorni.

Nel 1861, *il Radient*, fulminato due volte in quindici giorni.

Nel 1853, *il Massachussetts*, colpito due volte in mare in un'ora.

Nel 1853, la nave *Luisa*, investita sei volte in mare in un'ora; parecchî uomini sono feriti.

Nel 1848, la nave *il West-Point*, fulminata sette volte in mare in trenta minuti due uomini sono uccisi.

Esistono persone dotate di tanto privilegio? Il dottor Boudin parla di due che pareva lo possedessero. « La prima il P. Bosco (da Torino), statoci indicato come l'uomo che fu visitato dal fulmine tre volte in *tre case diverse*. La seconda persona è una ricca americana, la signora Hain, abitante di South-Rend, e che fu ferita al piede sinistro nel maggio 1855 dopo di essere stata ferita allo stesso piede quindici anni addietro. »

L'abate Richard narra che una dama, la quale abitava un castello della Borgogna, in posizione elevatissima, *ha veduto entrare il fulmine nei suoi quartieri*,

dividervisi in scintille di diverse grandezze, che nel maggior numero le cadevano sulle vesti, lasciandole macchie livide sulle braccia ed anche sulle coscie; essa diceva in proposito che il fulmine non le aveva fatto mai altro male che di fustigarla due o tre volte *quantunque cadesse piuttosto di sovente sul suo castello.* Essa era in certo modo abituata alle sue visite, e diceva che il fulmine si pigliava il divertimento di fustigarla di quando in quando.

« In due situazioni affatto simili, diceva Arago, un uomo, *per la qualità della sua costituzione*, corse maggior pericolo di un altro. Sonvi persone che arrestano d'improvviso le comunicazioni dell'elettricità, e non sentono la scossa, quand'anche occupino il secondo posto della pila. Costoro, per un'eccezione, non sono conduttori della materia fulminante. A mo' di eccezione vuolsi dunque comprenderli fra i corpi non conduttori rispettati dal fulmine, o quanto meno ben di rado colpiti. Differenze così spiccate non possono esistere senza che ci siano gradazioni. Ora, ogni grado di conduttibilità corrisponde, in tempo d'uragano, a certa misura di pericolo. L'uomo conduttore come il metallo sarà fulminato così sovente come il metallo; l'uomo che interrompe la comunicazione nella catena non avrà da temere più che non fosse di vetro o di resina. Tra questi limiti, si conteranno uomini che il fulmine investirà al pari del legno, delle pietre, ecc. Così nei fenomeni del fulmine, tutto non istà nel posto da un uomo occupato; la costituzione fisica di cotest'uomo rappresenta anche essa una certa parte. »

Per ultimo, si è parimenti osservato che l'uomo è meno accessibile al fulmine degli animali.

Nel 1715 cadde il fulmine sull'abbazia di Noirmoustiers, presso Tours, e vi uccise 22 cavalli, senza fare alcun male a 150 monaci, di cui esso visitò il refettorio e rovesciò le 150 bottiglie contenenti la razione di vino.

Nel 12 aprile 1781, i signori d'Aussac, di Gautran e di Lavallongue, passeggiando a cavallo, furono investiti dal fulmine: i tre cavalli perirono: de' tre cavalieri il solo d'Aussac fu ucciso.

Nell'anno IX il fulmine uccise, presso Chartres, un cavallo ed un mulo, risparmiando il mugnajo che conduceva i due animali.

Nel 1810, il fulmine cadde nella camera del signor Cowens e uccise il suo cane che aveva al fianco, lasciando incolume il padrone.

Nel 1810, la folgore cadde sulla chiesa di Châteauneuf-les-Moustiers; vi uccise tutti i cani, ma non tolse la vita che ad 8 persone su 200 che assistevano all'ufficio divino.

Il 26 settembre 1820, presso Sainte-Menehould, il fulmine investì un coltivatore che guidava l'aratro; i due cavalli furono uccisi e l'uomo se la cavò con una sordità passeggiera.

Nel 1826 un fanciullo conduceva una cavalla presso Worcester; cadde la folgore, uccise la cavalla e non fece alcun male al fanciullo.

Il 1.° giugno 1855, il fulmine scagliossi su un gregge di montoni, nel comune di Saint-Lèger-la-Montagne (Alta Vienna): 78 montoni e due cani di guardia rimasero uccisi Una donna che custodiva il gregge fu ferita leggiermente.

Il 13 agosto 1852, cadde il fulmine su un affittajuolo di San Giorgio sulla Loira, nel momento in cui guidava quattro buoi. Due di questi furono uccisi e l'affittajuolo ebbe solo intirizzita la gamba sinistra; un terzo bue perdette la vitalità nel fianco sinistro.

Il 2 febbrajo 1859, un branco di porci fu sorpreso da una tromba, nelle vicinanze di Liegi; centoquaranta di questi animali perirono asfissiati; i loro conduttori non soffrirono verun male.

Durante la giornata del 15 agosto 1862, tre ragazze custodivano il loro gregge. Verso le cinque scoppiò un violento uragano; la pioggia cadeva a torrenti, il tuono rumoreggiava; le pastorelle, sorprese dal cattivo tempo, non avevano potuto ritornar a casa. Le due prime cercarono un asilo contro il temporale mettendosi sotto un castagno. La terza si rifugiò sotto una quercia lontana 25 metri circa dal luogo ove stavano le compagne. Di repente, uno scoppio di tuono echeggiò sulle loro teste; scese una massa di fuoco sul castagno che ricoverava le altre due e le avviluppò da ogni banda. La terza vide il fuoco, sentì l'odore di solfo e cadde svenuta. Quando riprese i sensi, le due compagne non davano più alcun segno di vita; le loro vesti erano bruciate e spezzati i loro zoccoli. Vicino ad esse vedevansi cinque pecore, un porco ed un asino uccisi dal fulmine. Il cane della pastorella era stato tagliato in due.

L'11 maggio 1865, verso le 6 e mezza pom., dice il giornale belga *la Meuse*, un pastore per nome Wera vagava pei campi con un branco di pecore, allorchè l'avvicinarsi del temporale lo decise a far ritorno a casa. Giunto alla vetta della montagna detta il Gay-Vieux-Sarts, in un sentieruzzo stretto ed aspro, i montoni formarono due gruppi tenendo le teste le une contro le altre e rifiutarono di andar oltre. Wera cercò riparo dietro un cespuglio, allorquando fecesi udire un formidabile scoppio di tuono. Il pastore era stato fulminato con tutto il gregge. Egli apparve colpito in cima al capo: tutti i suoi capelli erano staccati incominciando dalla nuca, ed il fluido elettrico aveva tracciato un solco sulla fronte, sul viso e sul petto. Il suo corpo era affatto nudo, gli abiti erano ridotti a cenci; ma non vedevasi traccia di sangue. Il ferro del suo vincastro staccato dal manico, era stato scaraventato a più metri lontano, e il manico stesso ridotto in due pezzi. Un piccolo crocifisso di metallo ed uno scapolare portati dal Wera furono ritrovati lontano 15 metri. Dei 152 montoni di cui si componeva il gregge, 126 erano stati uccisi, apparivano coperti di sangue, e le loro ferite erano assai bizzarre. *Quali avevano la testa spiccata di netto, quali forata, quali infine le gambe infrante.* Quanto al cane, non se ne sa nulla. »

Il 24 giugno 1822, presso Hayiensen (Wurtemberg), un pastore e 216 montoni, su 248, furono uccisi in mezzo alla campagna dal fulmine.

Finalmente, secondo il rapporto dal signor Abbadie, in Etiopia, una bufera avrebbe ucciso d'un tratto 2000 capre e il padrone che le custodiva.

Direbbesi che il fulmine abbia delle preferenze anche per certe specie d'alberi.

Gli antichi ritenevano che il lauro preservasse dal fulmine. Fino ad ora il faggio ha voce d'essere inaccessibile al fulmine; non è però una credenza molto giustificata, come vedremo.

Tra le gesta numerose del fulmine, che da anni sto raccogliendo, ho 166 notificazioni di specie d'alberi, che si dispongono come segue pel numero di colpi di fulmine relativi ad ogni specie:

54 quercie.	6 faggi.	2 meli.	1 fico.
24 pioppi.	5 frassini.	1 sorbo.	1 melarancio.
14 olmi.	4 peri.	1 gelso.	1 olivo.
11 noci.	4 ciriegi.	1 ontano.	0 betulla.
10 abeti.	3 catalpa.	1 citiso.	0 acero.
7 salici.	3 castagni.	1 acacia.	
6 pini.	2 tigli.	1 robinia.	

Si può osservare non essere l'altezza degli alberi la causa essenziale del loro più o meno frequente fulminamento, e il quadro che precede farebbe veramente credere che la sostanza stessa dell'albero abbia un'influenza reale. E perchè gli ulivi, i gelsi, le betulle, gli aceri sì numerosi in alcuni paesi, appena sono qualche volta colpiti? L'altezza degli alberi è circostanza di qualche momento; è certo che se parecchi alberi sono tra loro vicini in mezzo ad una pianura, il fulmine preferirà di colpire i più alti. L'isolamento degli alberi, l'elevazione del terreno, la giacitura per rispetto all'uragano, la natura del suolo, la forma del fogliame e quella delle radici hanno una influenza spiccata sugli effetti del fulmine e della sua tendenza a colpire gli alberi. Esso preferisce d'investire quelli le cui radici sono profonde e insieme estese.

Esaminiamo ora la statistica del fulmine secondo i luoghi. Vediamo la distribuzione geografica dei colpi di fulmine, che è bizzarra assai, anche sovra un solo paese come la Francia. La direzione dei temporali, il rilievo del suolo non poco influiscono sul grado di frequenza delle folgori. Le diverse provincie sono lungi dall'essere esposte nella stessa guisa ai rischi del fulmine. Ecco il prospetto, per dipartimenti, di tutti i decessi per fulminazione registrati al ministero di Giustizia dal 1835 in avanti:

DIPARTIMENTI DISPOSTI NELL'ORDINE CRESCENTE
DEL NUMERO PROPORZIONALE
DEI DECESSI PER FULMINAZIONE DAL 1835 IN POI.

	Dipartimenti	Num. delle persone uccise all'istante dal 1835 in poi	Numero di abitanti per un fulminato		Dipartimenti	Num. delle persone uccise all'istante dal 1835 in poi	Numero di abitanti per un fulminato
1	Senna	80	70 000	7	Ille e Vilaine	16	37 000
2	Orne	7	60 000	8	Eure e Loira	8	36 000
3	Manica	10	57 000	9	Sarthe	15	31 000
4	Calvados	9	53 000	10	Mayenne	12	30 500
5	Senna inferiore	17	46 000	11	Eure	13	30 000
6	Costa del Nord	17	38 000	12	Senne e Oise	18	29 000

	Dipartimenti	Num. delle persone uccise all'istante dal 1835 in poi	Numero di abitanti per un fulminato
13	Morbihan	18	27 500
14	Nord	52	27 300
15	Aisne	21	27 000
16	Vandea	17	22 000
17	Finisterre	30	22 400
18	Boiret	16	22 100
19	Maine e Loira	24	22 000
20	Senna e Marna	18	20 500
21	Somme	28	20 300
22	Ardenne	16	20 000
23	Loira Inferiore	30	19 000
24	Passo di Calais	40	19 200
25	Tarn e Garonna	18	19 000
26	Oise	22	18 000
27	Mosella	26	17 000
28	Mosa	18	16 000
29	Rodano	41	16 500
30	Indre	18	16 400
31	Indre e Loira	20	16 300
32	Loir e Cher	17	16 100
33	Marna	24	16 000
34	Dordogna	25	15 300
35	Alto Reno	34	15 000
36	Landes	21	14 500
37	Charente Inferiore	33	14 200
38	Yonne	37	14 000
39	Bocche del Rodano	44	13 500
40	Aube	20	13 300
41	Vienna	25	13 200
42	Basso Reno	46	13 100
43	Charente	29	13 000
44	Alta Garonna	39	12 500
45	Gard	35	12 400
46	Aude	23	12 200
47	Hérault	36	12 000
48	Isère	51	11 500
49	Gironda	63	11 300
50	Nièvre	31	11 200
51	Cher	30	11 100
52	Vosgi	38	11 000
53	Gers	29	10 300
54	Savoja	27	10 300
55	Meurthe	44	9 800
56	Bassi Pirenei	45	9 700
57	Tarn	37	9 600
58	Valchiusa	28	9 500
59	Alta Vienna	34	9 300
60	Due Sèvres	34	9 000
61	Alti Pirenei	28	8 700
62	Alta Saona	37	8 600
63	Pirenei Orientali	23	8 200
64	Varo	38	8 000
65	Lot e Garonna	42	7 800
66	Lot	38	7 700
67	Ariège	33	7 600
68	Ain	48	7 500
69	Alta Marna	35	7 400
70	Saona e Loira	83	7 200
71	Costa d'Oro	54	7 000
72	Doubs	43	6 900
73	Loire	77	6 800
74	Aveyron	64	6 200
75	Drôme	54	6 000
76	Jura	50	5 900
77	Ardèche	71	5 600
78	Puy-de-Dôme	105	5 500
79	Corrèze	57	5 400
80	Creuse	51	5 300
81	Cantat	47	5 100
82	Allier	75	5 000
83	Alpi Marittine	41	4 800
84	Corsica	54	4 700
85	Alta Savoja	61	4 400
86	Alte Alpi	31	3 900
87	Basso Alpi	44	3 300
88	Alta Loira	98	3 200
89	Lozère	60	2 300

Vedesi quanto il numero proporzionale delle vittime del fulmine varii da un dipartimento all'altro. I dipartimenti che più hanno sofferto sono la Lozère, l'alta Loira, le Basse e le Alte Alpi, l'Alta Savoja; i più risparmiati sono la Senna, l'Orne, la Manica ed il Calvados. La proporzione delle vittime è stata 30 volte più elevata nella Lozère che nella Senna.

In quel che concerne il numero assoluto dei morti, astrazion fatta

Fig. 216. — Distribuzione dei colpi di fulmini in Francia per dipartimenti.
(La tinta è in proporzione dei casi.)

della proporzione degli abitanti, il *maximum* 105 appartiene al Puy-de-Dôme, il *minimum* all'Orne.

Più è grande il numero degli anni che si prende a considerare, e meglio il risultato avvicinasi alla realtà normale. Se si confronta il quadro precedente con quello pubblicato dal dottor Boudin nel 1863, si vedrà che la disposizione varia quasi per ogni dipartimento, quantunque il complesso sia quel medesimo, e già indica, tanto nel vecchio quanto in questo, l'influenza dominante del rilievo delle montagne.

È in ispecial modo sull'altipiano centrale, indi nelle Alpi e nei Pirenei, che si localizza il numero maggiore di casi; il minore corrisponde al litorale della Manica ed alla parte settentrionale del litorale dell'oceano Atlantico, tra queste due zone comprendendosi i dipartimenti, i cui casi di fulmine sono rappresentati da numeri necrologici di media importanza.

Ho pubblicato nell'*Atlante annuale* dell' Osservatorio di Parigi le carte statistiche dei casi di fulmine in Francia. La figura precedente dimostra la distribuzione *proporzionale* dei colpi di fulmine mortali. Essa è redatta dividendo la popolazione pel numero delle persone uccise dal 1835 in avanti.

CAPITOLO V.

Fuochi di Sant' Elmo e fuochi fatui.

I fuochi di Sant' Elmo sono una manifestazione lenta dell'elettricità, un flusso leggiero, tranquillo, come quello dell' idrogeno in un becco da gas, che s' irradia lievemente sulle punte alte dei parafulmini, degli edificî e delle navi, durante i tempi di uragano, in cui la tensione elettrica è fortemente aizzata da quella delle nubi.

Seneca scriveva duemila anni sono che nelle violenti bufere vedonsi delle stelle porsi sulle vele delle navi, e aggiungeva che i marinaî in pericolo credono allora che le divinità benefiche *Castore* e *Polluce* vengano in loro ajuto. Leggesi in Tito Livio che il giavellotto di cui Lucio aveva di recente armato il figlio, da poco nella milizia, mandò fiamme per più di due ore senza esserne consumato. Nel momento in cui la flotta di Lisandro usciva dal porto di Lamsaco per assalire la flotta ateniese, i fuochi di Castore e Polluce andarono a porsi ai due lati della galera dell'ammiraglio lacedemone. Presso gli antichi, tali meteore luminose erano considerate come presagi, e raccolte scrupolosamente dagli storici. Una sola fiamma, riguardata come un segno minaccioso, portava il nome di Elmo. I fuochi doppî presagivano il bel tempo e fortunate imprese. « Gli uomini di mare, dice il figlio di Cristoforo Colombo, ritengono per certo che il pericolo della tempesta è passato quando appare *Sant' Elmo*. Nel secondo viaggio dell'ammiraglio, in una notte d'ottobre del 1493, tuonava e pioveva a rovescî, quando Sant' Elmo si mostrò sull'albero di trinchetto con sette ceri accesi. A sì maravigliosa apparizione gli uomini dell'equipaggio si stemprarono in preghiere ed in azioni di grazie. » Herrera narra che i marinaî di Magellano avevano le stesse superstizioni : « Durante le grandi bufere, egli dice, Sant' Elmo mostravasi in cima all'albero di parrocchetto, ora con un cero acceso, ora con due. Tali apparizioni venivano salutate, acclamate con lagrime di gioja. » Il passaggio seguente, tolto dalle memorie di Forbin, presenta un esempio dello stesso fenomeno in proporzioni straordinarie. Fu nel 1696, nella traversata delle Baleari. « La notte divenne improvvisamente oscurissima, con lampi e

tuoni spaventevoli. Nel timore ci minacciasse un terribile uragano feci ammainare le vele. Vedemmo sulla nave più di *trenta fuochi di Sant'Elmo*. Eravene uno, tra gli altri, sulla punta della banderuola dell'albero maestro, *alto più di un piede e mezzo*. Mandai un marinajo *affinchè me la recasse*. Quando costui fu in cima gridò che quel fuoco faceva un rumore simile allo scoppiettìo della polvere che si vuol accendere dopo averla bagnata. Gli ordinai di togliere la banderuola e di scendere; ma non appena l'ebbe tolta via, il fuoco la abbandonò e andò a porsi sull'estremità dell'albero di maestra, senza che fosse possibile di levarnelo. Vi rimase a lungo, poi a poco a poco si consumò. »

I fuochi di Sant' Elmo si mostrano più di sovente sulle navi.

Ecco qualcuna delle ultime osservazioni state fatte:

Il 23 dicembre 1869, a 46° 53' di latitudine nord ed a 9° 55' di longitudine ovest, barom. 752, term. 9° 5', il pachebotto l'*Imperatrice Eugenia* nota nel suo giornale di bordo che si fa sentire un acquazzone violentissimo. Frequenti lampi guizzano ad ogni istante su tutti i punti dell'orizzonte, nè si ode il rombar del tuono. Nella notte la pioggia è accompagnata da abbondante gragnuola, e sul bastimento producesi il fenomeno conosciuto sotto il nome di *fuoco Sant'Elmo*.

Pennacchî luminosi ed azzurri, alti un piede e mezzo circa, appajono sulle punte de' parafulmini, ad ogni albero. L'alberatura e gli attrezzi sembrano fosforescenti, e le creste de' cavalloni mostrano esse pure dei pennacchî, meno belli di quelli degli alberi. Tali bagliori sono visibili non appena i goccioloni toccano la nave. Brillantissimi quando il vento soffia in tutta la sua violenza, diminuiscono di splendore quando il vento diminuisce, e scompajono coll'acqua. Le sole parti dell' alberatura e degli attrezzi che ricevono direttamente l' azione del rovescio d'acqua offrono siffatta apparenza luminosa. Si direbbero soffregati col fosforo. Il fenomeno non si verifica sulle parti riparate, per poco che lo siano, nè scende sotto le vele di gabbia, a 30 metri circa sul livello del mare. Più volte nella notte s'è riprodotto, ma soltanto durante l'acquazzone accompagnato da gragnuola.

I fuochi di Sant' Elmo si fanno vedere del pari sui campanili. Quest'è altro degli esempî osservati:

Il 2 marzo 1869, sono apparsi sulla chiesa del comune di Santa Caterina di Fierbois, cantone di Sainte-Maure, circondario di Chinon; il tuono non si è fatto udire durante la bufera, e il campanile ha disarmato le nubi procellose. « Sul finire della tempesta, quando il vento era meno forte e la pioggia cadeva meno abbondante, scrive un corrispondente dell'Associazione scientifica, parecchie persone hanno veduto come una corona di fuoco intorno alla croce che sta sul campanile della chiesa, all'altezza di 40 metri circa. Uno de' testimonî oculari l' ha osservato per cinque minuti almeno (non ha veduto il fenomeno al suo

principio); la luce era tale, che il campanile e la croce vedevansi come di pieno giorno; infine essa divenne quasi impercettibile e si è spenta come una candela consunta per intero e senza cambiar di posto. »

Si sono ammirati più volte i pennacchî luminosi della elettricità sulla guglia di Nostra Donna di Parigi, durante certi violenti temporali della sera in estate (fig. 217).

I fuochi di Sant'Elmo si mostrano pur anche sull'uomo, sui suoi abiti, sugli oggetti che tiene in mano

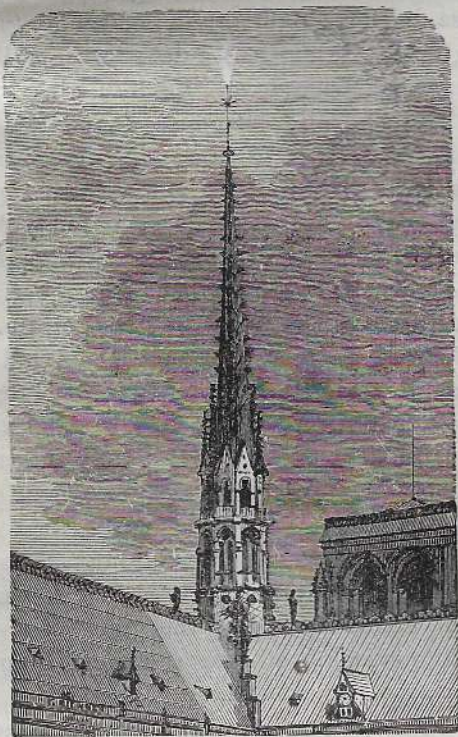



Fig. 217 — Fuochi di Sant'Elmo sulla guglia di Nostra Donna di Parigi.

Narra Giulio Cesare che nel mese di febbrajo, verso la seconda veglia della notte, si alzò d'improvviso un nuvolone, seguito da pioggia di pietre; e la stessa notte le punte delle picche della quinta legione parvero infiammarsi.

Secondo Procopio, un fenomeno simile apparve sulle lancie e sulle picche dei soldati di Belisario nella guerra contro i Vandali.

Tito Livio dice che le picche di alcuni soldati, in Sicilia, ed una canna nelle mani d'un cavaliere, in Sardegna, sembrava fossero accese. Le corazze si mostrarono esse pure luminose e brillanti di numerosi fuochi.

Allorchè, nel 1769, mentre infuriava la procella, apparvero brillanti pennacchî sulla croce del campanile di Hohen-Gebrachim, due vicini, accorsi per ispegnere il fuoco che sembrava loro invadesse il campanile, furono sorpresi e spaventati ad un punto nel vedersi la testa coperta di fuoco e di luce.

L'8 maggio 1831, dopo il tramonto del sole, tutta l'atmosfera in fuoco annunziava un fortissimo temporale; all'estremità delle aste da bandiera, ad Algeri, fu veduta una luce bianca in forma di pennacchio che durò mezz'ora. Alcuni ufficiali d'artiglieria e del genio passeggiavano sulla terrazza del forte Bab-Azoun; ciascuno, guardando il vicino, notò con meraviglia che le estremità de' suoi capelli erano irte di piccoli pennacchî luminosi. Quando gli ufficiali alzavano le mani formavansi de' pennacchî anche alle estremità delle dita.

In alcuni casi il fuoco di Sant'Elmo si è presentato sotto forma di fiamme, in altri si vide il corpo dell'uomo tutto raggiante di luce.

Peytier e Hossard, nei Pirenei, sono stati più volte avviluppati in fuochi di temporali sì formidabili, veduti dalla pianura, da crederli perduti. Più volte i capelli, le nappe delle loro berrette si rizzarono e sparsero una viva luce accompagnata da un sibilo. — Letestu, nel 1786, rimase nell'aerostato tre ore, di notte, nel bel mezzo d'un temporale; egli udiva un rumore assordante; la sua navicella empivasi di neve e di grandine, le dorature della bandiera scintillavano.

Lo scaricamento della elettricità del suolo nell'atmosfera è talvolta accompagnato da fenomeni singolari, da una specie di brontolìo elettrico sulle vette delle montagne.

Il signor Enrico di Saussure era con alcuni viaggiatori in cima al picco Sarley (3200 metri d'altezza), presso San Maurizio, nei Grigioni, il 22 giugno 1867, verso l'una del pomeriggio. Essi avevano attraversata una pioggia di nevischio, ed avevano appena appoggiati i bastoni ferrati contro un masso per rifocillarsi a loro agio, quando il signor di Saussure sentì nel dorso, nelle spalle un dolore acutissimo come di spillo che s'introducesse lentamente nelle carni.

« Nella supposizione che il soprabito di tela contenesse qualche spillo, me lo cavai; ma invece di sollievo sentii i dolori cresciuti, invadere tutto il dorso da una spalla all'altra; erano accompagnati da pruriti e da sussulti tormentosi come quelli che avria potuto produrre una vespa, la quale passeggiandomi sulla pelle mi avesse crivellato di punzecchiature. Tolsi di dosso anche il secondo abito, ma non vi scoprii nulla che fosse di natura da ferirmi la carne.

« Il dolore che persisteva sempre, prese allora il carattere di una bruciatura. Senza pensarvi oltre, mi figurai, nè lo potevo spiegare, che la mia camicia di lana bruciasse. Stavo dunque per denudarmi completamente, quando l'attenzione nostra fu attirata da un rumore che ricordava lo strillo delle vespe. Erano i tre bastoni

che, appoggiati al masso, *cantavano* con forza, emettendo un rumore simile a quello della cogoma quando l'acqua sta par entrare in ebollizione. Tutto ciò poteva essere durato al più quattro o cinque minuti.

« Compresi all'istante che le mie sensazioni dolorose provenivano da uno scaricamento elettrico intensissimo, che effettuavasi dalla vetta del monte. Alcune esperienze improvvisate sui nostri bastoni non lasciavano scorgere veruna scintilla o luce sensibile di giorno. Essi vibravano con forza nella mano e mandavano un suono pronunciato; che si tenessero diretti verticalmente, colla punta ferrea sia in alto sia al basso, oppure orizzontalmente, le vibrazioni conservavansi identiche, ma nessun rumore sfuggiva dal suolo.

« Il cielo era diventato grigio in tutta la sua estensione, quantunque variamente carico di nubi. Alcuni minuti dopo sentii rizzarmisi i capelli e la barba, provando una sensazione analoga a quella che fa un rasojo passato asciutto su peli irti. Un giovane francese che mi accompagnava gridò che sentiva ergersi i peli de' suoi nascenti mustacchi e che dalle sommità delle orecchie gli partivano fortissime correnti. Se alzavo la mano, sentivo correnti non meno pronunciate sfuggirmi dalle dita. In breve, molta elettricità sprigionavasi dalle canne, dagli abiti, dalle orecchie, dai capelli e da tutte le parti salienti del corpo.

« Una sola tuonata si fè udire da lontano verso ponente. Abbandonammo la cima della montagna non senza precipitazione e scendemmo un centinajo di metri. Più ci avanzavamo le nostre canne vibravano con minor forza, e ci fermammo allorchè il loro suono fu tanto debole da non esser più inteso che avvicinando l'orecchio. »

Lo stesso osservatore fu testimone di un altro caso di deflusso di elettricità dalle sommità dei monti, quando visitò, molti anni sono, il Nevado di Toluca, al Messico: ma qui il fenomeno era ancor più intenso, come ben si poteva prevedere, poichè avveniva sotto i tropici, all'altezza di 4500 metri circa.

Il flusso di elettricità dalle roccie culminanti succede spesso in un cielo carico di basse nubi, che avviluppano la cima passando a breve distanza sopra di esse; tale deflusso scema di tanto la tensione elettrica da impedire si formi il fulmine.

Nella notte dell'11 agosto 1854, intanto che il signor Blackwell riposava sui Grands Mulets (altezza: 8455 metri), la guida F. I. Gouttel uscì dalla capanna sulle 11 della sera e vide tutte le creste di quelle montagne in fuoco. Tenne subito parola della sua osservazione ai compagni; tutti vollero accertarsi del fatto, e videro realmente che per virtù di un effetto d'elettricità prodotto dalle tempeste, ognuna delle sporgenze rocciose dei dintorni pareva illuminata. I loro abiti erano letteralmente coperti di scintille, e quando alzavano le braccia le dita diventavano fosforescenti.

La neve non è opposta a tali manifestazioni; ad ogni modo, dai particolari seguenti risulta un fatto: Il 10 luglio 1863, il signor Watson,

accompagnato da altri viaggiatori e guide, visitava il colle della Jungfrau. La mattina era stata bellissima; ma nell'avvicinarsi al colle, la carovana fu assalita da una folata di vento accompagnata da grandine.

Rimbombò un formidabile scoppio di tuono, e tosto dopo il signor Watson sentì una specie di sibilo che partiva dalla sua canna; questo rumore somigliava a quello di una cogoma la cui acqua in ebollizione scaccia con impeto il vapore al difuori. Si fece sosta, ed osservossi, che le canne e le accette di cui ciascuno era munito emettevano un suono simile. Questi stessi oggetti sprofondati nella neve da una estremità, continuavano a produrre il bizzarro sibilo. Allora una guida si levò il cappello, gridando, che la testa gli bruciava. Infatti i suoi capelli erano irti, come quelli di persona che si elettrizza sotto l'influenza di una potente macchina, e ognuno soffrì delle punzecchiature, un senso di calore al viso come anche su altre parti del corpo. I capelli del signor Watson stavano ritti e rigidi; il velo che guarniva il cappello di un altro viaggiatore si eresse verticalmente, e udivasi il fischio elettrico sull'estremità delle dita agitate nell'aria.

La stessa neve emetteva un rumore analogo a quello che si sarebbe prodotto per la caduta di una forte ondata di grandine. Pure, non si manifestò luce veruna; ma al certo non sarebbe stato la medesima cosa di notte.

Questi diversi fenomeni vennero ascritti unicamente a sviluppi d'elettricità. Non si confondano coi fochi di Sant'Elmo de' bagliori somigliantissimi, i *fuochi fatui*. La cagione di questi non è l'elettricità.

Il foco fatuo è una fiamma errante e leggiera, prodotta dalle emanazioni del gas *idrogeno* fosforato, che s'inalza dai luoghi ove materie animali o vegetali stanno decomponendosi, quali sono i cimiteri, i mondezzai pubblici, i pantani, e che s'infiammano spontaneamente combinandosi coll'ossigeno dell'aria.

Codeste fiammelle vacillanti hanno sempre fatta una triste impressione sulla mente superstiziosa delle popolazioni. La spaventata imaginazione le ha spesso considerate come anime erranti fra le ruine, e più di una volta ha atterrito e messo in ginocchio nel silenzio della notte coloro che le vedevano guizzare fra i cumuli del cimitero.

Talora se ne sviluppa d'improvviso all'apertura degli antichi sepolcri; e, siccome un tempo mettevansi lampade accese nel fondo delle tombe, gli spiriti creduli s'imaginarono fosse quel chiarore inestinguibile. Narrasi che sotto il pontificato di Paolo III, eletto il 13 ottobre 1534, si trovò nella via Appia un'antica tomba con questa iscrizione: *Tulliolæ filiæ meæ.* Al primo soffio d'aria il corpo della figlia di Cicerone fu ridotto in polvere e *una lampada ancora accesa si spense*, dicesi, *dopo aver bruciato più di mille e cinquecento anni.* Alcuni corpi seppelliti

da molto tempo furono trovati (Raulin, *Osserv. di medicina*, pag. 393), brillanti nel loro avello di una luce fosforescente. Condannato alle forche il reo di stato Freburg in seguito alle sue lunghe prevaricazioni, per più notti videsi la testa di lui circondata da un'aureola lumi-

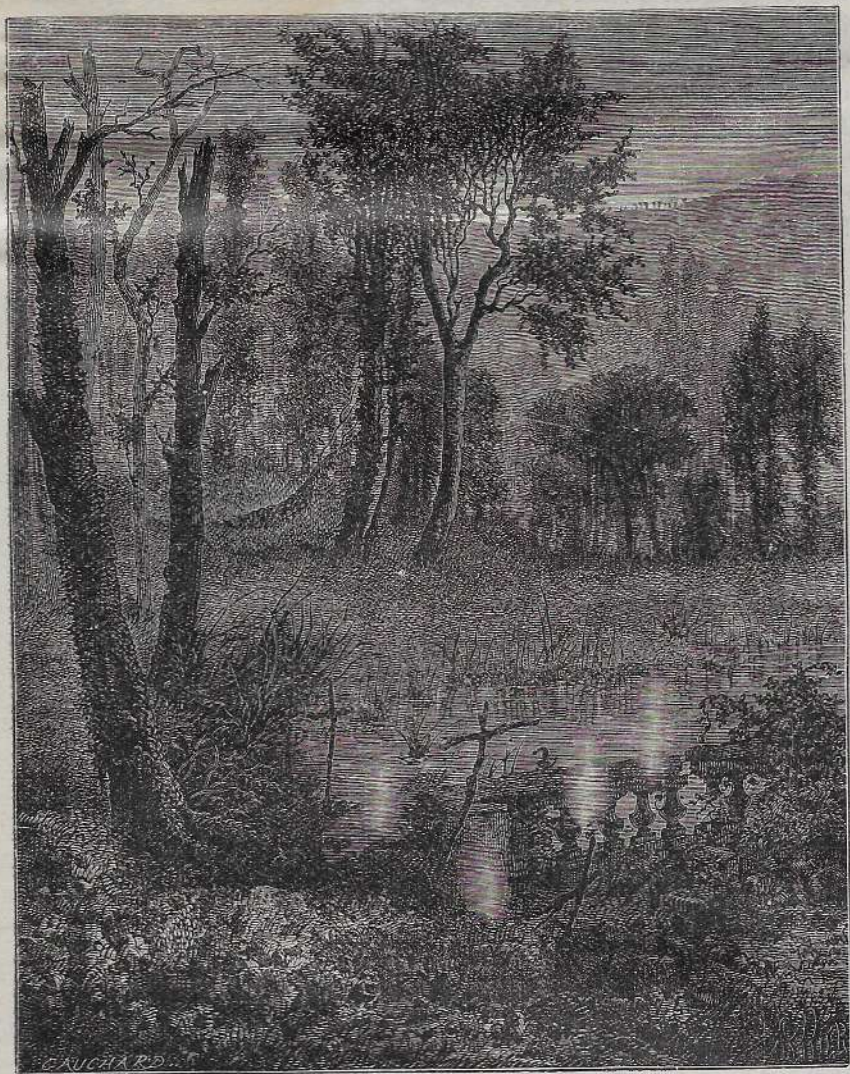



Fig. 218. — Fuochi fatui dei federati (Issy, giugno 1871).

nosa; e alcuni danesi, ingannati da tal sorta di prodigio, di cui non conoscevano la cagione naturale, lo considerarono qual prova d'innocenza.

La Comune di Parigi nel 1871, spentasi fra il sangue e l'incendio, salvando la vita de' suoi capi principali e facendo fucilare migliaja d'uo-

mini del popolo, gran numero dei quali la sostenevano soltanto per dar pane alle loro famiglie, ha gettato nella fossa comune migliaja di quelle povere creature, meno ben seppellite che nol siano i cani, e che imputridirono insieme sotto l'azione dissolvente delle pioggie e del calore di giugno. Prima dell'entrata delle truppe del governo di Parigi, l'occidente della capitale, teatro di tanti combattimenti, era già crivellato di fosse, e i burroni d'Issy e di Meudon avevano servito di ultima dimora ai battaglioni di marcia federati. Siccome nulla si perde nella natura, l'idrogeno dei corpi decomposti alzavasi alla sera nell'aria sotto forma di leggiere fiammelle turchiniccie. Fochi fatui effimeri! È tutto quanto doveva sopravvivere a tanto frastuono, a tante violenze, a tante pretese (fig. 218).

CAPITOLO VI.

I parafulmini.

ULTIMA COMUNICAZIONE UFFICIALE DELL'ACCADEMIA DELLE SCIENZE. — COMMISSARI: SIGNORI BECQUEREL, BABINET, DUHAMEL, FIZEAU, REGNAULT, IL MARESCIALLO VAILLANT; POUILLET, RELATORE.

I. — PROPOSIZIONI GENERALI.

1. Le nubi temporalesche che portano il fulmine altro non sono che nubi comuni cariche di moltissima elettricità.

Il lampo che solca il cielo è un'immensa scintilla elettrica, i cui punti di partenza sono due nubi lontane e cariche di elettricità contraria.

Il tuono è il rumore della scintilla.

Il fulmine è la scintilla medesima: è la ricomposizione della elettricità contraria.

Quando uno dei punti di partenza del lampo è alla superficie del suolo, dicesi che il fulmine cade e che gli oggetti terrestri sono fulminati. Allora tutti i punti del solco del lampo sono ancora la ricomposizione e la neutralizzazione delle due elettricità contrarie, di cui una è fornita dalla nube, l'altra dalla terra.

Come mai le terra, che è generalmente allo stato naturale e senza elettricità manifesta, si trova così carica d'elettricità contraria a quella della nube nel momento in cui essa è fulminata?

Quest'è la prima questione che intendiamo esaminare.

2. Prima che il fulmine scoppii, la nube temporalesca che lo porta, sebbene alta più chilometri, agisce per influenza, col fine di respingere l'elettricità dello stesso nome e attira quella di nome contrario. Codesta influenza tende ad esercitarsi su tutti i corpi; ma non è realmente efficace che su buoni conduttori quali sono a gradi diversi i metalli, l'acqua, il suolo umidissimo, i corpi viventi, i vegetali, ecc.

Lo stesso conduttore prova da parte della nube effetti diversissimi, secondo la forma e le dimensioni, e specialmente secondo la perfetta od imperfetta comunicazione col suolo.

Un albero, per esempio, quand'è in terra alquanto umida non riceve che una de-

bolissima influenza, perchè l'elettricità dello stesso nome non può essere spinta lontano in questa terra, che è un cattivissimo conduttore per le grandi masse elettriche.

Se l'albero, all'incontro, vegeta in terra umidissima e di vasta estensione, sarà influenzato assai, perchè l'elettricità dello stesso nome può allargarsi di molto in questo buon conduttore. Infine esso sarà influenzato quanto può esserlo, se il ripetuto buon conduttore, verso i suoi confini, è esso medesimo in buona comunicazione con altri strati d'acqua indefiniti.

Quando si tratta dell'elettricità delle nostre macchine, la superficie della terra, quale si presenta, è ciò che chiamasi il *suolo* o *serbatojo comune*. Si può chiamarlo così poichè la sua conduttibilità è sufficiente per disperdere o neutralizzare tutte le piccole scariche elettriche.

Quando si tratta del fulmine, la terra vegetale, nel suo stato ordinario, non è più ciò che si può chiamare il serbatojo comune; essa diventa relativamente un cattivo conduttore, così come le formazioni geologiche di nature diverse su cui essa riposa. Bisogna arrivare al primo strato acquifero, cioè allo strato dei pozzi che non inaridiscono mai (lo chiameremo *lo strato sotterraneo*), per trovare uno strato di conduttibilità sufficiente. Questo, in ragione della sua estensione e delle sue ramificazioni moltiplicate, non può essere isolato dai corsi di acqua vicini, e con essi, coi fiumi e le riviere, fino col mare, costituisce quanto devesi denominare il serbatojo comune delle fulminanti, e, per conseguenza, il serbatojo dei parafulmini.

Infatti, mentre la nube temporalesca esercita ovunque sotto di sè l'influenza attrattiva sul fluido di nome contrario e ripulsiva sul fluido dello stesso nome, è specialmente lo strato sotterraneo che riceve questa influenza con incomparabile efficacia. Allora tutta la sua superficie superiore si carica di elettricità contraria, che la nube vi accumula colla sua attrazione, mentre l'elettricità dello stesso nome è respinta e dispersa lontano nel serbatojo comune. E però quando il fulmine scoppia i due punti di partenza del lampo sono l'uno sulla nube e l'altro sullo strato sotterraneo, che è in certo modo la seconda nube necessaria all'esplosione del fulmine.

È così che il globo della terra, senza cessare di essere allo stato naturale nel suo complesso, si trova eventualmente elettrizzato su alcuni punti dalla presenza delle nubi temporalesche.

Gli edificî, gli alberi, i corpi viventi investiti dal fulmine, non devono essere considerati se non come intermediarî che si trovano sulla sua via e che esso colpisce di passaggio.

Nondimeno non debbesi conchiudere che questi intermediarî siano essenzialmente passivi, e che non contribuiscano mai a modificare od anche a determinare la direzione del colpo di fulmine. È certo, all'incontro, che essi esercitano a tale riguardo un'azione tanto più grande quanto più considerevole è la estensione e migliore la conduttibilità loro. Per esempio, quando una nave è fulminata in alto mare, è probabile che il fulmine non abbia preso la strada che sarebbe stata geometricamente la più breve per arrivare all'acqua ch'esso cerca e dove dev'essere neutralizzato dal fluido contrario, ma che esso abbia scelta la via elettricamente più breve, in ragione

delle decomposizioni per influenza, prodotte probabilmente dalla nube sugli alberi, sugli attrezzi ed altri corpi conduttori del bastimento, posti più o meno in alto e più o meno conduttori.

3. Un parafulmine è un buon conduttore, non interrotto, la cui estremità inferiore comunica largamente collo strato sotterraneo, mentre la superiore s'eleva tanto da dominare l'edificio che si tratta di proteggere.

Una scarica delle nostre batterie elettriche può fondere più metri di un filo di ferro un po' sottile.

Una esplosione di fulmine può fondere o volatilizzare più di un centinajo di metri dei fili da campanelli o dei fili da martelli degli orologi pubblici. Nel 1827, sul pacchebotto il *New-York,* una catena da misuratore lunga 48 metri, fatta con filo di ferro di 6 millimetri di diametro, che serviva da conduttore al parafulmine del bastimento, è stata fusa dalla folgore e dispersa in minuzzoli incandescenti.

Non v'ha esempio che il fulmine abbia potuto soltanto scaldare e portare al rosso scuro una barra di ferro quadrata lunga alcuni metri e di 15 millimetri di lato o di 225 millimetri quadrati di sezione.

Adoperansi dunque ferri riquadri di 15 millimetri di lato per far conduttori di parafulmini.

Non si è in alcun modo costretti di andar in cerca dello strato sotterraneo della verticale o presso la verticale dell'edificio che si vuol poteggere. Un parafulmine non è meno efficace quando il suo conduttore è per buona parte della sua lunghezza in linee curve, orizzontali od inclinate. La condizione essenziale, assolutamente essenziale, è ch'esso giunga allo strato sotterraneo, e che comunichi largamente con questo, quand'anche debba andarlo a cercare a più chilometri di lontananza.

4. Supponiamo un parafulmine disposto in tali condizioni, ed esaminiamo in modo generale i fenomeni che avvengono durante i temporali.

L'elettricità sviluppata per influenza nello strato sotterraneo, invece di accumularvisi, come abbiam detto dianzi, trova il piede del conduttore, che è un'uscita dove essa si precipita, poichè perfino nell'interno di una barra metallica, piena e solida, per quanto possa essere lunga, il fluido elettrico si spande e si propaga con una velocità paragonabile a quella della luce. Gli è così che il fluido attratto dalla nube nello strato sotterraneo viene d'improvviso ad accumularsi verso la cima del parafulmine.

Quivi accadono fenomeni curiosi, de' quali bisogna dar un'idea.

Se il parafulmine termina con una punta fine e acutissima d'oro o di platino, il fluido attirato dalla nube esercita contro l'aria, cattivo conduttore, una pressione grande a segno di sfuggire, producendo un pennacchio luminoso visibile nelle tenebre. I raggi divergenti di questo pennacchio scemano di splendore mano mano che si allontanano dalla punta; sono di rado visibili su una lunghezza di 15 o 20 centimetri. L'aria ne è vivamente elettrizzata, nè si può dubitare che queste molecole d'aria cariche del fluido della punta, cioè del fluido attirato, non siano in

seguito trasportate fino alla nube stessa, se l'aria è tranquilla, per neutralizzare una porzione più o meno sensibile del fluido di cui è carica.

Siffatta neutralizzazione è l'azione preventiva del parafulmine.

Nello stesso tempo che la punta aguzza dà origine al pennacchio, il flusso di elettricità che passa acquista di sovente tale intensità che la punta si scalda fino alla fusione; in questo caso l'oro ed il platino, quantunque molto meno fusibili, cadono in goccie voluminose lungo il rame o il ferro che li porta.

Quando un parafulmine ha così perduto la punta e che la sua estremità superiore non è altro che un largo bottone di fusione d'oro o di platino, è giocoforza pensare se è o non è fuori di servizio.

A tale domanda rispondiamo: no, il parafulmine non è fuori di servizio, semprechè continui ad adempiere alle due condizioni essenziali, cioè:

1.° Che il conduttore sia senza lacune;

2.° Che colla estremità inferiore comunichi largamente collo strato sotterraneo

Soltanto col perdere la punta, il parafulmine ha perduto qualcosa della sua azione preventiva. Il pennacchio non potrebbe prodursi che sotto l'influenza di una attrazione molto più forte; e la fusione, che dipendeva specialmente dalla sottigliezza e dall'acutezza della punta, non si rinnoverebbe che assai difficilmente, lasciando le cose presso a poco nel medesimo stato. L'aria non è dunque più elettrizzata dal pennacchio sotto forma luminosa; questa parte dell'azione preventiva è scomparsa: l'altra parte, quella che può dipendere dall'aria elettrizzata pel suo contatto con tutte le porzioni superiori dell'asta, è probabilmente di molto inferiore.

Del resto, se è vero che il vento porti ben lungi dalla nube l'aria elettrizzata del pennacchio del pari che l'aria elettrizzata dell'asta, l'azione preventiva è sì spesso ridotta a nulla che non v'ha motivo di lagnarsi troppo della sua mancanza

La conclusione è dunque che perdendo la sua punta acuta, un parafulmine perde in realtà un debolissimo vantaggio.

Per tali motivi la Commissione del 1855 è stata indotta a consigliare di terminare la cima del parafulmine con un cilindro di rame rosso del diametro di 2 centimetri, e lungo dai 20 ai 22, la cui sommità assottigliata formi un cono alto 3 o 4 centimetri.

Il cono di rame potrà dar ancora qualche volta lo spettacolo dei pennacchi; ma molto meno di sovente delle punte acute d'oro o di platino; anche in questo caso esso resiste alla fusione in ragione della sua forma e in ispecial guisa della sua grande conduttibilità tanto elettrica che calorifica.

Se il fulmine viene a scoppiare, dal cono di rame esso penetra nell'asta e nel conduttore, e da questo passa a neutralizzarsi nello strato sotterraneo. È un colpo di fulmine comune; soltanto non fa danno nè al parafulmine nè all'edifizio così protetto: somiglia quindi agl'innumerevoli fulmini che durante gli uragani si spengono in mezzo all'atmosfera.

II. — COSTRUZIONE.

5. *Asta.* — L'asta di ferro del parafulmine è prolungata in alto, come abbiamo detto, da un cilindro di rame terminato a cono (fig. 219); in tal punto di congiun-

zione essa è stata arrotondata e ridotta al diametro di due centimetri; più in giù rimane riquadra e va aumentando di grossezza gradatamente, fino al punto d'inserzione del conduttore, dove deve avere 4 o 5 centimetri di lato. La sua altezza totale fra il vertice del cono e quest'ultimo punto può variare da 3 a 5 metri secondo le circostanze. Quasi sempre v'ha tornaconto nell'aumentare il numero delle aste, mantenendole tra questi limiti e legandole fra loro con un conduttore comune per renderle solidali, anzichè nel ridurre il numero dando loro altezze di 7 od 8 metri.

Tutta la lunghezza dell'asta sta al disotto del conduttore sotto i più basso dei conduttori, se essa ne porta parecchî, non conta più come parafulmine; si può alterarne la forma a proprio talento e scegliere quella che meglio conviene per fissarla molto solidamente sui suoi appoggi.

6. *Conduttori.* — Il conduttore è adattato all'asta con buona saldatura di stagno; la prima parte di esso avrà 2 centimetri di lato, e la parte arrotondata, eretta e stagnata in anticipazione, che attraversa l'asta fuor fuori, avrà 15 millimetri di diametro; così le due superficie di ferro, metallicamente unite dalla saldatura, avranno quasi 20 centimetri quadrati.

Le curvature sempre arrotondate che sarà uopo dare al conduttore, sia per discendere al suolo, sia per estendersi sul suolo fino alla verticale dello strato d'acqua, basteranno all'azione delle dilatazioni.

Siccome importa che le saldature non siano staccate da flessioni o da trazioni oblique, si avrà cura di stabilire nella loro vicinanza de' sostegni di ferro biforcati, che permettono il scivolamento longitudinale nel mentre impediscono qualsiasi scossa laterale. Tali sostegni non debbono essere isolatori elettrici.

Fig. 219.
Asta o verga del parafulmine e suo conduttore.

7. *Comunicazione collo strato d'acqua.* — Lo strato sotterraneo è, come abbiamo detto, quello de' pozzi delle vicinanze che non si esauriscono mai e che conservano almeno 50 centimetri d'altezza d'acqua nelle stagioni più sfavorevoli.

Il pozzo del parafulmine sarà costruito come un pozzo comune; dev'essere limitato a questo servizio speciale, nè ricevere acqua di fosso o di cloaca.

Se le circostanze lo esigessero, il pozzo comune potrebbe essere surrogato da un foro di 20 o 25 cm. di diametro, ben difeso dagli scoscendimenti.

La porzione del conduttore che scende nel pozzo sarà fatta con un ferro di 2 centimetri di lato, la sua estremità inferiore porterà quattro radici lunghe circa 61 centimetri, un fitto nodo di saldatura avvilupperà siffatto aggrovigliamento. Le radici potrebbero essere surrogate da un'elica di cinque o sei giri, formata contornando a cavaturaccioli l'estremità inferiore del conduttore.

La parte superiore del conduttore verticale sarà sostenuta alla bocca del pozzo, sia da una forte caviglia posta tra le due barre parallele, sia da altri mezzi analoghi; ai sostegni si darà tale altezza che le radici e, all'occorrenza, il nodo di saldatura peschino nell'acqua; ma importa che tal considerevole peso non graviti sui vasi del fondo del pozzo, dove sprofonderebbero le radici.

Bisognerà avere i mezzi di constatare facilmente la profondità dell'acqua del pozzo nelle varie stagioni dell'anno, quand'anche si conoscesse il movimento di tali variazioni di livello nei pozzi vicini.

Infine, di quando in quando, tornerà opportuno il riconoscere lo stato del ferro immerso, poichè vi sono certe acque che potrebbero forse corroderlo troppo profondamente in un periodo di quattro o cinque anni. Sarà quindi mestieri disfare l'ultima saldatura che è fuori del pozzo ed aver preparati i mezzi meccanici convenienti per togliere il conduttore e tenerne alla luce la estremità inferiore.

A questi dati ufficiali sulla costruzione dei parafulmini, pubblicati nel 1867 dall'Accademia delle scienze, una sola osservazione abbiamo da aggiungere; ed è che quelli i quali non presentassero tutti i requisiti voluti sarebbero più pericolosi che utili. Per citare un solo esempio, nel 1867 scoppiò un uragano a Fécamp; il fulmine cadde su parecchie case non protette (ciò che non sorprese alcuno); ma, cosa più strana, non risparmiò neppure il faro, che fu interamente demolito quantunque portasse il parafulmine. Quest'ultimo, visitato immediatamente, dimostrò ch'era *fornito di tutti i requisiti regolamentari*. Ma il faro è edificato su una scogliera profondamente calcare, e l'estremità inferiore del parafulmine bagnavasi in una cisterna scavata in mezzo a quel suolo cretoso. Il mistero fu quindi scoperto.

Infatti, il conduttore deve comunicare con vasti strati d'acqua aventi un'estensione maggiore assai di quella delle nubi temporalesche; l'acqua stessa diverrebbe fulminante, se non avesse uno sfogo sufficiente. È pericoloso il seppellire il conduttore nel suolo umido: 1.° perchè troppo spesso si trascura di sapere se lo strato umido ha sufficiente estensione; 2.° perchè raramente c'è chi si pigli la briga di riconoscere se questa terra conserva bastevole umido nei tempi di grande siccità, cioè quando appunto sono più da temersi gli uragani. In mancanza di fiumi o di vasti stagni, bisogna mettere i conduttori dei parafulmini in comunicazione mediante larghe superficie cogl'inesauribili strati d'acqua sotterranea (fig. 220).

Un buon parafulmine è un utile preservativo. Io ricorderò in propo-

sito che, nella sua statistica de' fulmini che hanno colpito parafulmini o navi ed edificî protetti da simili apparecchî, Quètelet ha menzionato centosessantotto casi di parafulmini fulminati, tra cui non se ne trovano che ventisette, cioè circa un sesto, nei quali i parafulmini, per effetto di gravi imperfezioni constatate nella costruzione, non abbiano completamente preservato gli edificî o le navi che li portavano. Questo risultato è dei più concludenti in favore dell'efficacia dei parafulmini, ed è, senza verun dubbio, la miglior risposta che si possa dare alle objezioni opposte contro l'uso degli apparecchî di cui si tratta.

Fig. 220. — Parafulmine.

Nessuna pittura compromette le funzioni elettriche d'un parafulmine, eccettuata la porzione immersa del conduttore.

Da alcuni anni si ha l'abitudine di dividere il conduttore, al suo giungere nel suolo, in due rami, uno verticale che scende fino nello strato acquifero, l'altro che si stende orizzontalmente e si dirama a brevissima lontananza dal suolo. Allorchè lo strato superiore del suolo è bagnato, il ramo orizzontale funziona inevitabilmente e pone così in salvo le irregolarità di costruzione che per avventura ponno essere nel ramo verticale.

Infine, osserviamo altresì che il cerchio di protezione del parafulmine non è così vasto come si vorrebbe ritenerlo. Non si estende alla distanza di tre o quattro volte l'altezza dell'asta sopra il tetto; così un parafulmine di 8 metri non protegge a più di 15 o 20 metri dal suo punto di giunzione. D'altra parte l'effetto dipende dalla natura del terreno e dei materiali che entrano nella costruzione dell'edificio. I grandi edificî ne chiedono parecchi per esserne efficacemente protetti, come fu fatto a Parigi, nel terminare la unione del Louvre alle Tuileries. L' estensione dell' immenso palazzo gli attribuisce la lunghezza totale di 30 chilometri e la superficie di 18 ettare. Si erano prese tutte le precauzioni imaginabili per preservarlo dal fuoco del cielo: non si era pensato al fuoco dell' inferno umano.

CAPITOLO VII.

Le aurore boreali.

Siamo giunti al complemento più bizzarro, più grandioso delle diverse manifestazioni dell'elettricità nell'atmosfera. L'abbiamo veduto, il globo terrestre è un immenso serbatojo di questo fluido sottile, che esiste in tutti i mondi del nostro sistema e il cui focolare irradia nel Sole stesso. Come l'attrazione, come la luce, come il calore, l'elettricità è una forza generale della natura. Le sue palpitazioni mantengono la vita dei mondi e sul nostro pianeta circolano sempre correnti dall'equatore ai poli, dai poli all'equatore.

L'ago calamitato, la bussola ci mostra col suo dito delicato la perpetua circolazione diretta verso il nord. Esso oscilla, si agita allorquando alcune perturbazioni alterano lo scorrimento normale del fluido; ha moti irregolarissimi quando talvolta le perturbazioni diventano violenti e alterano profondamente l'equilibrio.

Il fulmine che cade su una nave influenza spesso per sempre il carattere della bussola, e mentre essa piglia il nord, e lo stabilisce qual punto fisso, si è sorpresi di andarsi a gettare sugli scogli o verso coste inospitali. Se una bella aurora boreale illumina il cielo di Stoccolma o di Reikiawik, la bussola dell'Osservatorio di Parigi si conturba a centinaja di leghe di lontananza, pare chieda a sè stessa che accade, e invita il redattore del *Bollettino internazionale* a por mente a quanto succede in quel momento nel settentrione.

L'aurora boreale è un flusso in grande della elettricità atmosferica. Invece d'un uragano circoscritto a poche leghe e gemente di furore e di collera, è una dolce e lenta ricomposizione del fluido negativo del suolo col positivo dell'atmosfera che compiesi nelle altezze aeree, nell'atmosfera superiore idrogenata di cui abbiamo parlato fino dal principio di questo libro.

Tale flusso di elettricità in vasta distesa fluida è visibile soltanto di notte, e assume tutte le forme imaginabili, secondo il modo stesso col quale si compie e secondo la prospettiva della distanza dell'osservatore. Ora l'occhio sorpreso intravede appena rapide ondulazioni, bianche e rosee, che percorrono il cielo con un fremito. Ora è un panneggio ma-

rezzato d'oro o di porpora, che sembra cadere dalle celesti altezze (figura 221). Ora è una rugiada di fuoco accompagnata da strano mormorìo. Ora, infine, sono fascî di zone infiammate, che dal nord slanciansi nelle varie direzioni del compasso. È specialmente verso i centri polari ove sono tanto radi i temporali, che le manifestazioni della elettricità terrestre dispiegano il loro dolce splendore.

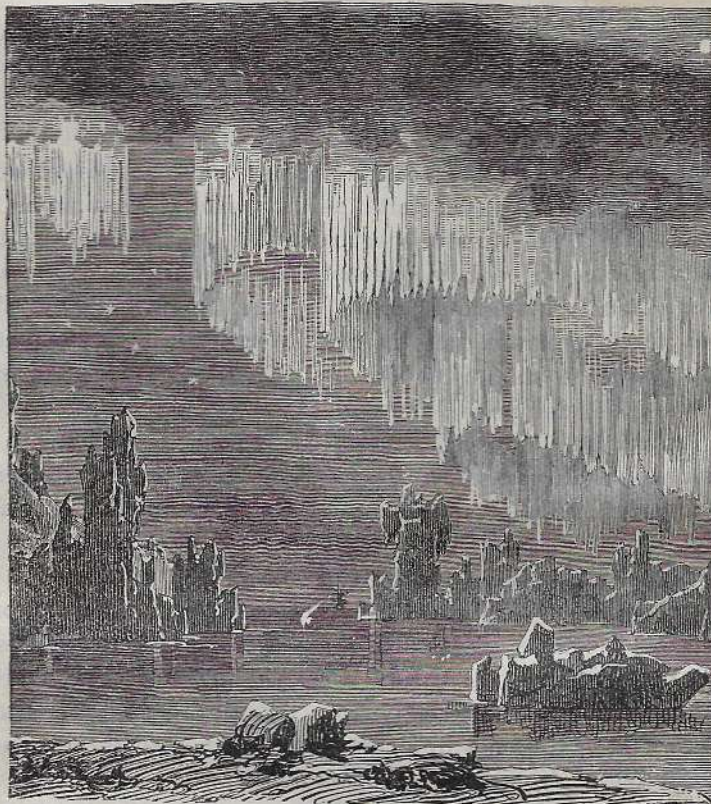



Fig. 221. — Aurora boreale sul mar polare.

Michelet, che sente con tanta esattezza e descrive con tanta vena i grandi fenonemi della natura, ci presenta così le aurore boreali:

« Il polo sembra il regno della morte. Ma la vita generale, all'incontro, vi trionfa. Le due anime del globo, magnetico, elettrico ogni notte celebrano la loro festa in quel deserto. L'aurora boreale è la sua sublime consolazione.

« Le correnti aeree e le correnti del mare ne sono i veicoli. I due torrenti d'acque calde che da Giava, da Cuba vanno al nord per farsi raffreddare e ghiacciare, e che, poscia ritornando, convergono ognora

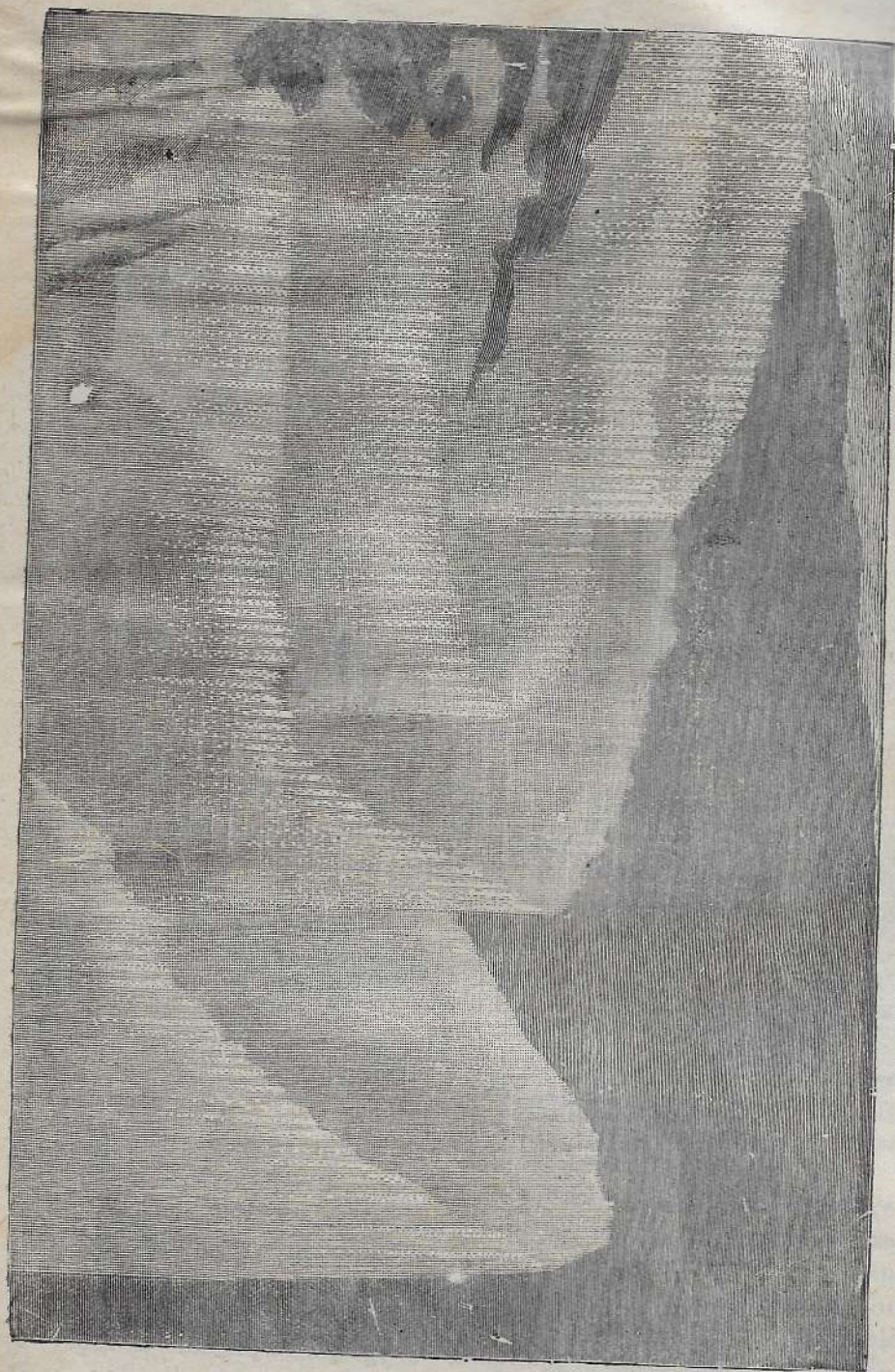



Fig. 222. — Aurora boreale osservata a Bossekop (Spitzberg), 21 gennaio 1839.

al cuore che le lanciò, soccorrono la corrispondenza magnetica, elettrica dell'equatore al polo. Le loro bufere sono solidali. D'estate, quando lo scioglimento polare, quando le correnti del nord vengono a rinfrescare la terra, sembra che l'elemento magnetico mova incontro all'elettricità centrale; d'onde le irate tempeste specialmente vicino a questo centro, gli scoppî di tuono spaventevoli pei nostri sensi conturbati.

« All'opposto, al polo il fulmine non giunge quasi mai. In quella profonda notte d'inverno, tutto sembra assopito. Eppure quel cielo contiene più uragani! Quasi ogni sera, sulle dieci, scoppia in tutta la sua veemenza. La terra, le navi, i ghiacci ne sono d'improvviso illuminati. Le loro irte creste, l'atmosfera piena di particelle ghiacciate, ne rinfrangono, ne rimandono i tremuli raggi.

« Nulla di più solenne. La terra intiera assiste, si può dirlo, essa è spettatrice ed attrice. La vigilia, o più ore innanzi, la sua preoccupazione è ovunque constatata dall'ago calamitato.

« Ma ecco che nell'arco maestoso, giallo, pallido, nella sua tranquilla ascensione, sprigionasi come una effervescenza. Si addoppia, si triplica o se ne vedono talvolta perfino nove. Ondeggiano! Un flusso di luce si muove come panneggio d'oro che va, viene, si ripiega.

« È qui tutto? Lo spettacolo si anima. Qua e là dardeggiano guizzi di luce impetuosi, rapidi, cangianti dal giallo al porporino, dal rosso allo smeraldo.

« Che avverrà? La terra è inquieta. Chi vincerà, quale di quelle luci viventi avrà il sopravvento?

« Sono le undici pom. Ecco il gran momento. La battaglia si riordina. Le luci hanno lottato a sufficienza. Esse intendonsi, si rabboniscono e si amano; salgono insieme nella gloria, si trasfigurano a guisa di sublime ventaglio, di cupola di fuoco, sono come la corona di un divino imeneo.

« All'anima terrestre, magnetica, regina del settentrione, s'è mescolata l'altra, l'elettrica, la vita dell'equatore. Esse abbracciansi, ed è la stessa anima... »

Lo Spitzberg è una regione favorita per le aurore boreali. Nel suo viaggio scientifico del 1839, il signor Martins ne ha osservato e analizzato pazientemente un gran numero, ch'egli descrive sotto le forme seguenti (V. *Tour du Monde*, 1865, vol. II, pag. 10):

« Ora sono semplici bagliori diffusi e lamine lucenti, ora raggi frementi di abbagliante bianchezza, che percorrono tutto il firmamento, partendo dall'orizzonte, come se un pennello invisibile scorresse sulla vòlta celeste; qualche volta questo si ferma; i raggi incompiuti non giungono allo zenit, ma l'aurora continua su un altro punto: un fascio di raggi si slancia, si allarga a ventaglio, poi impallidisce e si spegne. Altre volte lunghi panneggi dorati (fig. 222) ondeggiano sul capo dello

spettatore, si ripiegano su sè stessi in mille guise e ondulano come se il vento li agitasse. In apparenza, essi pajono poco elevati nell'atmosfera, e fa meraviglia di non udire il fruscio delle pieghe che scorrono l'una sull'altra. Nel più de' casi un arco luminoso si disegna verso il nord; un segmento nero lo separa dall'orizzonte e contrasta, pel suo

Fig. 223. — Aurora boreale osservata a Bossekop (Spitzberg), il 6 gennajo 1839.

colore oscuro, coll'arco d'un bianco abbagliante o di un rosso vivacissimo che lancia i raggi, il quale poi si estende, si divide e rappresenta in breve un ventaglio luminoso che tutto occupa il cielo boreale, s'alza a poco a poco verso lo zenit, dove i raggi riunendosi formano una corona, che, a sua volta, dardeggia sprazzi brillanti in tutti i sensi. Allora il cielo sembra una cupola di foco (fig. 223); il turchino, il verde, il giallo, il rosso, il bianco si sbizzarriscono nei palpitanti raggi dell'aurora. Ma sì magnifico spettacolo dura poco; cessa dapprima la corona di

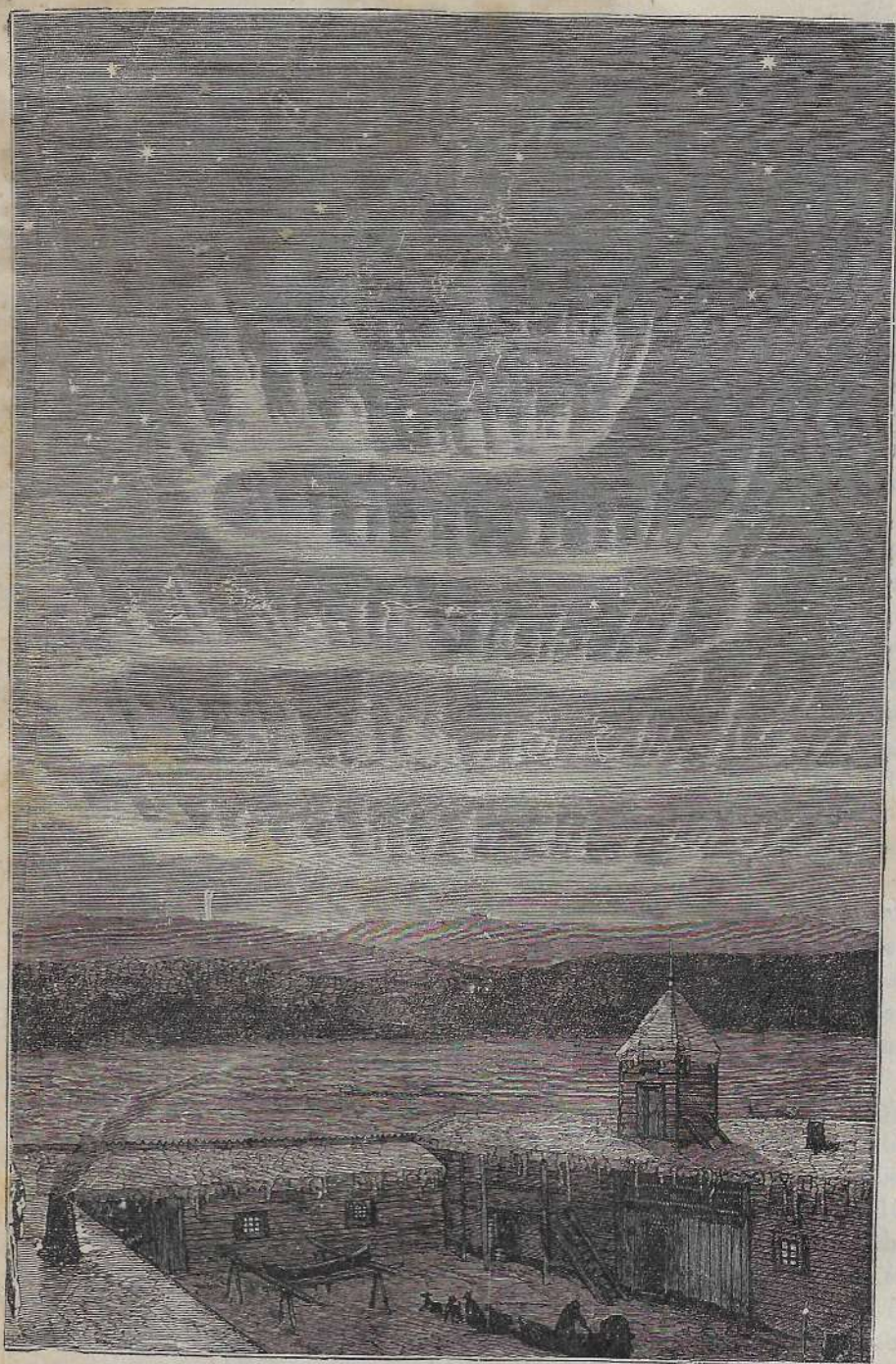



Fig. 224. — Aurora boreale osservata nell'Alaska, il 27 dicembre 1865.

lanciare sprazzi luminosi, indi lentamente s'indebolisce; una luce diffusa occupa il cielo; qua e là alcune macchie luminose simili a leggiere nubi si estendono e si restringono con incredibile rapidità come un cuore che palpita. Tosto esse pure impallidiscono, tutto si confonde e cancella, l'aurora pare all'agonia; le stelle, oscurate dalla sua luce, brillano di nuovo splendore, e la lunga notte polare, tetra e profon a, regna di nuovo da sovrana sulle solitudini della terra e dell'ocea . Dinanzi a tali fenomeni, il poeta e l'artista s'inchinano e confessano la loro impotenza; il solo scienziato non dispera; dopo di avere ammirato siffatto spettacolo, ei lo studia, lo analizza, lo confronta, lo discute e giunge a provare che queste aurore dipendono dalle irradiazioni elettriche dei poli della terra, immensa calamita il cui polo boreale trovasi nel nord dell'America settentrionale, non lungi dal polo del freddo del nostro emisfero, mentre il suo polo australe è in mare, al sud dell'Australia, presso la terra Vittoria. »

Alcune indicazioni basteranno a provare la natura elettro-magnetica dell'aurora boreale. Allo Spitzberg, un ago calamitato sospeso orizzontalmente ad un filo di seta è rivolto a ponente; fino dal principio dell'aurora, il fisico che osserva quest'ago si accorge che invece di essere sensibilmente immobile, sembra in preda ad una inusata inquietudine e si sposta rapidamente da destra a sinistra e da sinistra a destra. Mano mano che l'aurora diventa più brillante, aumenta l'agitazione dell'ago, e, senza uscire dal suo gabinetto, l'osservatore giudica dell'intensità dell'aurora boreale dall'ampiezza della deviazione dell'ago; infine, quando formasi la corona boreale, il suo centro appunto riscontrasi sul prolungamento di un ago magnetico; liberamente sospeso e orientato nel senso del meridiano magnetico, esso non è orizzontale, ma inclinato verso il polo magnetico, e si chiama ago d'inclinazione: le aurore boreali sono dunque interamente unite ai fenomeni magnetici del globo terrestre. Il signor Augusto De la Rive ne ha ottenuto esperimentalmente i principali fenomeni su una palla di legno rappresentante il globo terrestre e convenientemente elettrizzata.

Strano mondo è quello dei poli! Quasi tutte le notti sono rischiarate da quei bagliori elettrici più o meno brillanti; a cominciare dalla metà di gennajo, vedesi a mezzodì un crepuscolo di un'ora; l'aurora, nunzia del ritorno del Sole ingrandisce salendo verso lo zenit; infine, il 16 febbrajo, un segmento del disco solare, simile a punto luminoso, brilla un istante per ispegnersi tosto! ma ad ogni mezzodì il segmento si accresce, fino a che l'orbita intera s'inalza al disopra del mare; è il termine della lunga notte d'inverno. Allora il giorno e la notte si succedono per sessantacinque giorni fino al 21 aprile, principio d'un giorno di quattro mesi, nei quali il sole gira sopra l'orizzonte, abbassandosi ognor più, finchè scompare.

Nell'America settentrionale, a levante dello stretto di Behring, v'ha un gran territorio, poco noto ai Francesi: il paese dell'*Alaska*, attraversato dal circolo artico. Era, alcuni anni sono, l'America russa, e non misura meno di quarantacinquemila leghe quadrate; gli Stati Uniti lo hanno comperato il 18 ottobre 1867. In una curiosa relazione d'un viaggio fattovi da Federico Whymper nel 1865 (*Tour du Monde*, 1869, t. II, pag. 247), trovo l'osservazione rara di un'aurora boreale in forma di nastro sviluppato a linee sinuose nelle altezze aeree (fig. 224).

Era il 27 dicembre, scrive il predetto viaggiatore. Nel momento in cui stiamo per andare a letto, ci si annunzia un'aurora boreale nella direzione dell'ovest. La notizia scaccia il sonno; in tutta fretta ci arrampichiamo sul tetto più alto del forte per contemplare lo splendido fenomeno.

Non è l'arco sì spesso descritto, ma un serpente di luce pieghevole, ondeggiante, che di continuo cambia forma e colore: ora ha la tinta pallida e dolce dei raggi della luna; ora lunghe fascie turchine, rosse, violacee si svolgono su quel fondo argenteo; le scintillazioni vanno dal basso all'alto e confondono la loro luce con quella delle stelle brillanti che scorgonsi attraverso la vaporosa spirale.

Talvolta l'aurora boreale riveste la forma di una cupola da cui cadono pendentini di pioggia luminosa impalpabile. Nel momento di compiere il suo viaggio in Islanda, il 21 agosto 1866, il signor Natale Nougaret osservò bellissimi fenomeni di tal natura.

Dopo di aver dato il nostro gran ballo sulla *Pandora,* egli dice, disponemmo per la partenza, e i nostri buoni amici d'Islanda ripetevano vedendo partire la *Pandora:* « Ecco il sole d'Islanda che se ne va! » Infatti, la fregata francese arriva colla bella stagione, col sole, e se ne va appena vede la prima stella, che è come il segnale della prima aurora boreale. Da quell'istante, comunemente si hanno due o tre aurore ogni notte: la prima alle undici e tre quarti; la seconda, più brillante della prima appare a mezzanotte e rischiara il cielo ed il mare per molte ore. Quando l'aurora sta per formarsi, scorgesi una nube nera all'orizzonte, nella direzione del nord-est: i margini della nube s'illuminano, poi, ad un tratto, dal fondo di quel nero bacino, parte un rapido razzo, che è immediatamente seguito da più altri. Questi razzi lasciano nel cielo una striscia luminosa, a poco a poco arrivano allo zenit e distendonsi sulla totalità della vòlta celeste. L'aurora è allora in tutto il suo splendore; dal cielo si distaccano larghe frangie che discendono mollemente e che l'osservatore crede di poter toccare colle dita. Un bianco chiarore invade tutto il cielo ed il mare; e la nostra nave la bella *Pandora,* nel momento in cui allontanavasi dalle coste d'Islanda colla sua graziosa alberatura, i suoi svelti pennoni che spiccavano ammirabilmente sulla « luce del mondo », come quella gente

la chiama nel suo pittoresco linguaggio, e che dev'essere ormai il suo unico sole, aveva l'aspetto di un vascello fantastico.

Le aurore boreali sono abbastanza rare in Francia, e uno può passare la vita intera senza aver avuto il piacere di ammirarne una sola, un po' completa. A Parigi siamo stati tanto fortunati da veder quattro di tali fenomeni, con un dispiegamento d'intensità assai notevole, il 15 aprile e il 13 maggio 1869, il 24 ottobre 1870 e il 4 febbrajo 1872.

Quella del 15 aprile, non osservata da me, lo fu da' miei amici Silbermann al Collegio di Francia, Chapellas-Culvier-Gravier al Lussemburgo, e Tremeschini a Belleville. Essa fu in certo modo doppia. Il primo atto cominciò alle otto e dieci minuti sotto forma di un largo fascio di colonne luminose, rossiccie, dirette dalle guardie dell'Orsa maggiore verso levante, come un ventaglio. Il fondo del cielo su questa regione era parimente colorito da luce rossiccia. L'apparizione durò pochi minuti appena. Il secondo atto avvenne alle dieci e mezzo. Da un piccolo arco luminoso partirono dei raggi. Questi, di color verdognolo pronunciatissimo alla base inferiore, presentavano alla loro estremità superiore una magnifica gradazione porporina; poi, in certi momenti, il fenomeno cangiava subito di aspetto, la luce si agglomerava su più punti, formando cumuli densissimi, assai brillanti, bianchi nel centro dell'aurora, rosso-sanguigni alla circonferenza. Un numero infinito di striscie luminose, quasi parallele tra loro, percorrevano la fascia nella direzione del meridiano magnetico. Il fenomeno durò mezz'ora con variazioni di intensità.

Quella del 13 maggio fu più notevole e meglio osservata. Io l'ho esaminata attentamente, ed ecco la descrizione datane da me sul *Siècle* del giorno appresso:

Grande aurora boreale su Parigi. — Jeri sera, giovedì 13 maggio, si è spiegata una magnifica aurora boreale sul cielo di Parigi.

Mentre nei quartieri regnava gran tumulto e migliaja di voci mormoravano sordamente come l'uragano nelle vicinanze delle riunioni elettorali, immense fiamme partivano dal nord e irradiavansi nel cielo stellato.

In certe vie, dirette da sud-est a nord-ovest, vedevasi il cielo di quest'ultima regione occupato da un bagliore rosso-scuro, simile alla riverberazione di lontano incendio.

Sovra un orizzonte scoperto, lo spettacolo era splendido.

Alle undici, un immenso fascio di irradiamenti luminosi inalzavasi da un oscuro segmento, che saliva in direzione verticale dal nord, oltrepassava la stella polare e l'Orsa minore, portando fino allo zenit il suo bagliore giallo ranciato.

Un altro fascio alzavasi, obliquamente, a sinistra, collo stesso piede del primo, e, con un immenso e largo sprazzo di rugiada luminosa, andava a spegnere le stelle dell'Orsa maggiore, le cui due ultime, Zeta ed Eta, erano passate al loro punto

culminante e stavano vicino allo zenit. Delta poi rimase a lungo eclissato da siffatto irradiamento di aspetto cometario.

Un terzo fascio di luce, obliquando a destra, attraversava la via lattea, passava tra Alfa di Cefeo ed Alfa del Cigno, e stendevasi fino alla testa del Drago, lasciando che la brillante stella di prima grandezza, Vega, irradiasse più a destra nelle altitudini dell' est.

A questi tre fasci altri se ne sono aggiunti o sostituiti durante le diverse fasi del fenomeno, tra cui uno presso il centro ed un po' a destra della verticale abbassata dalla stella polare sull'orizzonte; l'altro, che apparve soltanto alle 11 ore e 20 minuti e si alzò a ponente, a sinistra dell'Orsa maggiore, e nella direzione d'Arturo.

L'immensa colonna del centro nord, che eclissò completamente la stella polare nelle sue variazioni luminose, trasformò insensibilmente la sua luce, dapprima gialloranciata, e apparve alle 11 e 5 minuti con una tinta rosso-sangue, come i bagliori nebulosi del fuoco di bengala.

Nel tempo medesimo, la colonna obliqua di destra, che in principio aveva soltanto l'intensità d'un fascio di luce elettrica projettato nell'aria, mandò un chiarore più vivace e brillò come un lungo cilindro di luce verde pallido e nondimeno intenso a segno da eclissare le stelle di Cassiopea, allora situate sopra l'orizzonte come un W gigantesco, e la bella stella Alfa del Cigno.

Nel disegnare quest'aurora boreale ho osservato che gli stratelli luminosi variavano tanto d'intensità e di posizione quanto di colore.

È la prima volta che osservo un'aurora boreale, fenomeno rarissimo alla latitudine di Parigi. Talora, è vero, vedesi il cielo imporporato da chiarori diversi, ma tali chiarori possono dipendere dalla riflessione della intensa illuminazione notturna di Parigi con un'atmosfera più o meno carica, dal chiarore della luna e da certi aspetti di fosforescenza nelle nubi stesse. Jeri non era possibile veruna illusione. Il cielo era puro e splendidamente stellato, la luna assente e, come sospesi nello spazio, vedevansi quegli immensi sprazzi di luce variabile projettar il loro ventaglio sotto le stelle.

Sotto questa prima impressione, dico, non ho potuto a meno di vedere in quei lunghi chiarori isolati e sospesi in apparenza nel vuoto, effluvî elettrici che venivano in certo modo dalle regioni lontane dell'atmosfera, variando di forza luminosa secondo l'energia della corrente generatrice, rappresentando, a così dire, *lampi lenti*, vasti, della durata di parecchi minuti, immobili in apparenza nella loro estensione, e trasformantisi sotto l'azione di forze ignote.

All'altezza di 20 gradi circa sopra l'orizzonte, era formato un oscuro segmento da nubi nere, sottili, stese orizzontalmente e che nascondevano l'origine de' fascî luminosi, i quali però erano meno intensi al basso che alla loro media altezza. Le nubi nere non erano fittissime perchè non mi occorse molto tempo per distinguere perfettamente Cassiopea, in parte da esse velata, e la raggiante Capella sì poco alta sopra l'orizzonte.

Alcune stelle filanti hanno segnalato questo periodo. Un bolide è partito dalle vi-

cinanze dello zenit alle ore 11.35, per ispegnersi giunto che fu all'altezza dell'Orsa maggiore. Un altro parve cadesse da Vega alle 11.45.

Il cielo era stato nuvoloso durante il giorno; alla sera il vento spirava con forza da settentrione e l'atmosfera era di molto raffreddata.

Quest'aurora mi aveva sorpreso non poco, poichè era la prima volta che vedevo sì curioso fenomeno. Pure quella del 24 ottobre 1870 l'ho trovata più bella assai.

È noto che, durante l'assedio di Parigi, gli astronomi eran trasformati in ufficiali del genio, e che il signor Laussedat aveva concepito l'ingegnosa idea di porre de' cannocchiali astronomici su tutto il perimetro delle fortificazioni per osservare i movimenti del nemico, e sopratutto distruggere le sue batterie mano mano ch'erano formate. Io abitavo il settore di Passy in quel memorabile inverno, e la sera dell'aurora, visto alle sei e mezzo un bagliore rosso singolarissimo e persistente su Cassiopea, indovinai l'imminenza di un'aurora boreale e ritenni utile di andar in luogo affatto scoperto, al Trocadero. Non c'era anima quando vi andai, ed un vento glaciale del nord invitava a fermarvisi. Il bagliore rosso persisteva sempre. Una vaga luce bianca rischiarò tosto il nord, ad eccezione d'un segmento oscuro, e confermò le mie previsioni. Nondimeno dovetti aspettare mezz'ora prima di veder comparire la manifestazione elettrica.

Essa cominciò alle sette e trenta minuti con accrescimento di luce bianca, intensa al punto da eclissare le due stelle più basse dell'Orsa maggiore, Beta e Gamma. Le altre cinque restavano visibili a malgrado della luce: era un vasto focolare luminoso che occupava il quarto del cielo. La nube rossiccia, spostatasi un poco, era allora su Andromeda. Tutto ad un tratto, alle 7.40, larghi sprazzi di luce rossa, ondeggiante, si slanciano fino allo zenit. Indi producesi un'ammirabile manifestazione. A 50 gradi circa sopra l'orizzonte, e sopra un terzo di cielo, con più di 20 gradi di larghezza, un *panneggio di moarre rosso luminoso* si svolge con ondulazioni dorate (e verdognole per contrasto) e rimane tranquillo nel silenzioso cielo, per un minuto intero. Pare in appresso che le sue pieghe ondeggino e si fondano. Nel centro dell'aurora s'apre un focolare di luce profonda, una specie di razzo diretto allo zenit, luce bianca che si dissemina sui margini a guisa d'argentea rugiada. Alcun tempo dopo un immenso sprazzo rosso parte dalla sinistra e si alza quasi fino allo zenit. Le altezze del cielo rimasero da quell'istante illuminate fin dopo le otto, come per l'incendio d'immenso fuoco di Bengala.

Quest'aurora, vedesi, differisce molto dalla precedente. La prima era specialmente formata di razzi luminosi, ritti, lanciati da settentrione; quest'ultima fu notevole per la forma dei panneggi che spiegò nel cielo

e per la vaga luce che lasciò nelle altezze. Essa faceva, dirò, maggior impressione; fu molto più bella.

Migliaja di persone l'hanno osservata, in ispecial guisa a motivo della circostanza. Il Trocadero, deserto alle sette, era coperto alle otto da moltitudine compatta, ed aggiungerò anzi che mi fu necessario tenere una piccola conferenza all'aria aperta, poichè i pareri erano stati divisi fino dal principio, se fosse un incendio o piuttosto la luce elettrica del monte Valeriano. Le guardie nazionali in fazione sui bastioni ebbero quella sera uno spettacolo di cui si ricorderanno a lungo. Il cielo offriva lo stesso quadro all'esercito prussiano, il quale in altri tempi vi avrebbe scorto il dito di Dio, che ordinavagli di far ritorno al settentrione.

L'indomani, l'aurora boreale dell'assedio di Parigi riverberava i suoi ultimi bagliori intorno le 6 pom., con minor intensità e attraverso un cielo nuvoloso.

Il 4 febbrajo 1872, la brillante aurora apparsa sull'Europa centrale e meridionale, sull'Asia e sull'America, consistè dapprima in una striscia luminosa rosea, la quale attraversava tutto il cielo da levante a ponente. Io l'ho osservata nella prima parte della sua durata, in compagnia del dotto storico Enrico Martin e di svedesi che non ne avevano vedute di sì strane nel loro paese. Il suo foco formossi sotto le plejadi, e fu come un'ala immensa dislogata che coprisse il cielo colla sua estensione. Aldebaran ne fu interamente eclissato.

Tal cupola di luce sospesa al sud dello zenit mostrò tosto non essere quella un'aurora boreale, bensì *australe*. Infatti non è stata veduta in Danimarca e nei paesi nordici.

Essa terminò verso le 11 con un chiarore diffuso per tutto il cielo.

Le aurore si determinano a tutte le altezze. Secondo le misure di Bravais, la loro solita elevazione sarebbe compresa fra cento e duecento chilometri, fra venticinque o cinquanta leghe d'altezza. Secondo quelle di Loomis, il punto estremo da cui i razzi sono dardeggiati giungerebbe a settecento ed ottocento chilometri: duecento leghe d'altezza! Esse effettuerebbonsi così nell'atmosfera superiore, di cui abbiamo parlato al principio del presente volume. Se ne sono pure misurate di quelle che erano molto più basse e scendevano all'altezza delle nubi.

La loro estensione è del pari variabilissima Così un'aurora osservata a Cherbourg il 19 febbrajo 1852 non è stata visibile a Parigi, quantunque la distanza sia soltanto di trecento chilometri. Non doveva essere, dice E. Liais, a più di settemila metri d'altezza. All'opposto, vi sono aurore che si dispiegano su immensa estensione. Quella del 3 settembre 1839 è stata veduta contemporaneamente in America ed in Europa come l'altra del 5 gennajo 1769. Quella del 2 settembre 1859 è stata visibile da Nuova York fino in Siberia, e *ai due lati della*

Terra, tanto nell' altro emisfero quanto nel nostro, al capo di Buona Speranza, in Australia, al Salvador, a Filadelfia, a Edimburgo! Fu la prima volta che si verificò *de visu* quanto esponeva la teoria, che le aurore boreali e australi produconsi nello stesso tempo nei due emisferi, sotto l' influenza di una stessa corrente. Le estremità del globo sono in rapporto intimo l'una coll' altra col fluido che circola continuo nell' aria e nel suolo. In certi momenti solenni il magnetismo aumenta d' intensità e pare rianimi la vita del pianeta.

La produzione delle aurore boreali è per Humboldt tra le prove più palmari della facoltà del nostro pianeta di *emettere luce*. « Dal fenomeno delle aurore, ei dice, risulta che la Terra è dotata della proprietà di emettere una luce distinta da quella che le manda il sole. L'intensità di questa luce supera alquanto quella del primo quarto di luna. Talvolta è forte a segno (7 gennajo 1831) da permettere di leggere senza fatica lo stampato. Questa luce della Terra, la cui emissione non s' interrompe quasi mai verso i poli, ci ricorda la luce di Venere, la cui parte non illuminata dal sole brilla spesso di un debole barlume fosforescente. Forse altri pianeti possedono anch'essi una luce nata dalla propria loro sostanza. Vi sono nel nostro emisfero altri esempî di questa produzione di luce terrestre. Tali sono le famose nebbie secche del 1783 e del 1831, che emettevano una luce sensibilissima durante la notte; e queste sono le vaste nubi che brillano di una luce tranquilla, senza ondulazione, sì spesso osservata; tale è infine quella nube diffusa che guida i nostri passi nel cuor delle notti d' autunno e di primavera, allorchè le nubi intercettano tutta la luce celeste e la neve non copre la terra. »

Osserviamo di più che le aurore boreali sono sottoposte a certa periodicità. Esse erano numerosissime nel Belgio e nell' Europa occidentale durante l' ultima metà del secolo scorso. Nel diciassettesimo secolo furono rarissime; nel sedicesimo furono invece assai frequenti. Sembra che questa periodicità secolare sia di un secolo e mezzo. V' ha una variazione mensuale meglio constatata. È verso gli equinozî che sono più frequenti. Sembrano sette volte più numerose nei mesi di marzo ed ottobre che nel mese di giugno.

Tali sono gli ultimi e più grandiosi fenomeni che noi dovevamo contemplare in queste gallerie delle opere atmosferiche.

CAPITOLO COMPLEMENTARE.

Storia della meteorologia. — La previsione del tempo.

LA METEOROLOGIA NEL PASSATO, NEL PRESENTE, NELL'AVVENIRE. — DIVERSI SAGGI DI PREDIZIONE DEL TEMPO. — ESAME DEI PRONOSTICI. — COMPLESSITÀ DEL PROBLEMA. — CONGNIZIONE DELL' ANDAMENTO SIMULTANEO DEI FENOMENI COL TELEGRAFO ELETTRICO. — ORDINAMENTO DEL SERVIZIO INTERNAZIONALE DELL'OSSERVATORIO DI PARIGI. — FONDAZIONE DELL' OSSERVATORIO METEOROLOGICO SPECIALE DI MONTSOURIS.

Conclusione dell' opera.

Abbiamo dunque finito, caro lettore, la descrizione del meraviglioso complesso meteorico che costituisce la vita e la bellezza della Terra. Abbiam visto in qual modo il fluido atmosferico accompagni il globo nel suo corso, in qual modo il sole vi dispieghi gli splendori della luce in qual modo vi distribuisca i beneficî della temperatura, delle stagioni e dei climi; abbiamo visto come nascano i venti e le tempeste, come la circolazione aerea si compia in ogni luogo, come le nubi s'inalzano nelle alte regioni dell' aria e versano le pioggie sulle assetate pianure. Abbiamo udito rombare la bufera sul nostro capo, ed abbiamo seguita la capricciosa elettricità, dalla scintilla sottile, che si diverte a mandar sossopra una casa, fino alle grandiose espansioni dell'aurora boreale nella profondità dei cieli. Ora la nostra mente è arricchita di nozioni esatte sui grandi fenomeni della natura, sulla conservazione della vita del globo da noi abitato, e noi non siamo più, nel fondo di quest' atmosfera, come ciechi nati, o vegetali, che respirano senza conoscere ciò che li circonda, senza sapere nè dove siano nè come vivano. Almeno il teatro sul quale siamo venuti a rappresentare una parte più o meno brillante, più o meno utile, non è più lettera morta per noi, e possiamo apprezzare bastantemente la situazione nostra, così come l' artifizio delle decorazioni svariate che si succedono intorno a noi durante la nostra vita. Ormai la natura avrà per ciascuno di noi maggior interesse, maggiori attrattive.

Inoltre, per mala sorte, gli uomini ci parranno, in generale, assai più ignoranti e nulli che finora nol supponessimo; imperocchè invece di consacrare gli ozî loro a sviluppare la propria intelligenza, essi sciupano il tempo in una invidia scambievole, ad accarezzare politiche chimere, ed a rappresentare scioccamente il soldato per divertire qualche principe che li guida quali armenti.

Utile sarebbe per noi il completare questi dati con un sunto generale della storia della meteorologia, e apprezzare il valore del suo stato attuale d'ordinamento, allo scopo di poterla classificare nella mente nostra in quel posto che essa conquistasi di giorno in giorno fra le scienze esatte. È quanto ci proveremo di fare, per quanto è possibile, in succinto.

Le origini della meteorologia risalgono, come quelle dell'astronomia, alla più remota antichità. Le età prime dovettero per molto tempo confondere in una stessa osservazione i fenomeni della vòlta celeste e quelli che avvengono nell'involucro aereo della Terra; i confini del cielo e dell'atmosfera erano troppo male determinati perchè lo studio degli astri e quello delle meteore potessero essere altro che due parti di uno stesso tutto. Le comete, la via lattea erano sublimi meteore; i fuochi attraversanti le alti regioni dell'aria erano astri che si staccavano dalla vòlta e cadevano. La meteorologia ripete dunque le stesse origini dell'astronomia.

Nei tempi remoti in cui i fenomeni della natura ribellavansi a qualsiasi spiegazione fisica, gli uomini non potevano vedere in quelle manifestazioni che testimonianze della collera o della bontà divina; però, mentre le parti elevate della vòlta celeste non offrivano ai loro occhî abbagliati che uno splendido quadro d'armonia, e solo risvegliavano in essi sentimenti d'ammirazione, le basse regioni presentavano loro sopratutto fenomeni irregolari, capricciosi, senza nesso apparente, ora propizî, ora funesti. Gli uomini popolarono il cielo degli eroi che avevano meritato la loro riconoscenza, ma essi sottomisero l'atmosfera all'impero dei genî,buoni o cattivi, i di cui combattimenti continui erano, per la vittoria degli uni o degli altri, fonti di ricchezza e di gioja, o di miseria e di dolore.

Pochi sono i popoli, la infanzia dei quali sia sfuggita a tali superstizioni. I Caldei, dotti nella divinazione, consideravano gli eclissi, i terremoti, le meteore in generale, come presagi fortunati o sfortunati.

Il popolo ebreo, nell'adorare un Dio unico, gli dava per dimora il *firmamento,* che altro non era agli occhî suoi fuorchè la vòlta stellata; ma il Signore scendeva talvolta dal trono per entrare in comunicazione cogli uomini, fra il prestigio delle meteore.

Presso gli Etruschi ed a Roma, le meteore erano considerate, secondo la spiegazione de' libri sibillini e secondo certe circostanze, come buoni o funesti presagi.

Gli annali più antichi e più autentici contengono sì numerose allusioni al vento, al tempo, alla pioggia, al tuono, al lampo, alla grandine ed ai corpi celesti, all'infuori del sole e della luna, ch'essi ci forniscono una prova palmare dell'immenso interesse che vi si annetteva anche nei tempi più remoti. « Vi sono probabilmente pochi uomini versati nello studio degli autori antichi, dice l'ammiraglio Fitz-Roy, che, nel racconto mitologico del furto del fuoco celeste compiuto da Prometeo, vedano soltanto un'esperienza del genere di quella di Franklin, e che dubitino dell'uso dei fili conduttori (parafulmine) fatto da Pitagora. Tuttavia strano è che i lavori di questo filosofo in nessun luogo siano stati seguìti da risultati pratici, mentre è costante che nell'estremo Oriente, dall'isola di Ceylan fino al Giappone, invece di cercare di sottrarre e neutralizzare il fuoco elettrico, da tempo immemorabile si è procurato di sviarlo col mezzo d'un pezzo di vetro o di un gomitolo di seta assicurato sulla sommità di ogni edificio importante. »

Nel medioevo l'astronomia fu separata e messa sopra le altre scienze; la chimica fu studiata in modo particolare; le sole ricerche meteoriche furono quasi abbandonate, fino a che i lavori di Dampier, di Halley e di Hadley hanno fatto nascere una mente d'investigazione nelle leggi e nelle forze atmosferiche.

La scienza meteorologica, tal quale oggi esiste e come l'abbiamo veduta esposta in quest'opera, devesi presso a poco tutta intera ai lavori del secolo attuale. mentre prima non avevamo che gli elementi, importanti senza dubbio, ma incompleti, stabiliti dai diversi studî di Galileo, Ottone di Guerike, Torricelli, Cartesio, Réaumur, Franklin, Romas, Nollet, Cotte, Lavoisier, ecc. È specialmente per virtù del gran numero di osservazioni, per l'estensione compresa e analizzata, che i lavori del nostro secolo avranno elevata la scienza delle meteore alla dignità di scienza esatta.

Queste osservazioni intelligenti e discusse le dobbiamo a un numero assai rispettabile di scienziati, disseminati sulla superficie della Europa e dell'America, la più parte dei quali vivono ancora. Sarebbe difficile di segnalarli tutti alla riconoscenza degli amici delle scienze; ma i più eminenti, i cui nomi si sono trovati di frequente citati nei diversi objetti toccati in questo lavoro, possono legittimamente essere qui ricordati. Ci basti nominare Gay-Lussac, Humboldt, Arago, Quételet, Kaëmtz, Reid, Redfield, Piddington, Dove, Bravais, Renou, Sainte-Claire-Deville, Fitz-Roy, Glaisher, Marié-Davy. Questi nomi eminenti sono inscritti per ordine di data, non già, ben inteso, per ordine di merito, del quale a nessun patto ho diritto di farmi giudice.

Le cognizioni relative all'andamento medio della temperatura, alle sue applicazioni sì interessanti, alla distribuzione dei venti, delle pioggie delle meteore giornaliere pei nostri climi sono dovute sopratutto agli

analitici e perseveranti lavori di Quételet all' Osservatorio di Bruxelles, ed alle discussioni di Kaëmtz.

Le cognizioni relative ai cicloni ed all' andamento delle tempeste sugli oceani sono dovute in ispecial modo alle ricerche dell' americano Redfield e del tedesco Dove.

Le cognizioni relative all' applicazione dell' andamento delle tempeste, alla variazione del tempo nei nostri climi sono dovute specialmente all' ammiraglio Fitz-Roy in Inghilterra ed al signor Marié-Davy all' Osservatorio di Parigi.

Le cognizioni relative alle nubi ed ai fenomeni ottici che si manifestano nelle regioni superiori sono dovute in ispecial guisa alle ricerche di Bravais, Renou, Silbermann, a Parigi.

Diversi uomini, più o meno scienziati, imaginaronsi in questi ultimi anni di poter predire il tempo un anno innanzi. Colui che ha fatto più rumore è stato certamente il defunto Mathieu (de la Drôme). Nei primordî delle sue predizioni, come lo provano alcune lettere da lui scrittemi e che tuttora possiedo, egli credeva sinceramente che, interpellando con grande diligenza le fasi della luna, si può presso a poco indovinare la natura de' cambiamenti di tempo che debbono aver luogo. In altri tempi ho discusso seriamente tale questione nel *Cosmos*. Ma dubito assai che l'autore degli almanacchi abbia serbato tale illusione sino alla fine de' suoi giorni, poichè spesso le sue predizioni sono state radicalmente smentite dall' avvenimento. È certo, per qualsiasi uomo di buona fede, che è impossibile indovinare il tempo colle fasi della luna, quantunque l' objetto colpisca la mente a prima vista e chieda discussione. Vediamo per un istante a qual punto sia la scienza positiva in tale argomento.

La luna non è assolutamente senza influenza sull' atmosfera.

Essa agisce dapprima per via d' attrazione per formare le maree — alto mare e alta atmosfera — il dì che segue la luna nuova e il plenilunio, così come la bassa marea e la bassa atmosfera il dì che segue il primo e l' ultimo quarto. Ma tali maree atmosferiche sono quasi insensibili negli strati bassi sotto i quali noi abitiamo. Ecco, per esempio, i risultati varî d' oltre cinquant' anni di osservazioni diverse che ho sotto gli occhî.

Dietro venti anni d'osservazioni fatte a Viviers (Ardèche), da Flaugerguers, l'altezza del barometro è in media:

Alle quadrature, di	775mm,81
Alle sizigie, di	775 39
Differenza	0 42

E cioè il barometro è più alto di mm. 0,42 al primo ed all'ultimo quarto che al novilunio ed al plenilunio. Dovrebbe essere l'opposto.

Rilevasi dalle discussioni registrate a Parigi da Bouvard, che quest'altezza è in media:

Alle quadrature, di.	756mm,59
Alle sizigie, di.	775 90
Differenza	0 69

Questo risultato, che ha lo stesso senso del primo, non è meglio intelligibile.

Dagli studî fatti a Bruxelles, rilevasi che il massimo di altezza barometrica constatasi la vigilia del primo quarto; un altro massimo la vigilia del plenilunio; il minimo verificasi alla luna nuova ed anche il ventesimo giorno.

Dai documenti rilevati a Cajenna da Carlo Deville, un massimo determinasi alla luna nuova, un altro al decimo giorno della luna, un terzo al diciottesimo giorno, un quarto al ventiquattresimo. Il minimo si è manifestato alla vigilia del primo quarto, all'indomani del plenilunio, al ventesimo giorno.

Vedo anche nelle osservazioni fatte ad Alessandria nel 1866 i risultati seguenti:

Novilunio	754mm,39
Primo quarto	754 27
Plenilunio	751 01
Ultimo quarto.	753 11

Il massimo appartiene alla luna nuova, il minimo alla piena.

Vedesi che non c'è nulla da ricavare da siffatte osservazioni.

Questo risultato negativo non prova che le maree atmosferiche superiori siano senza influenza sul tempo.

Vediamo se osservazioni del pari precise hanno posto in chiaro una corrispondenza più spiccata fra le fasi della luna e le pioggie.

Un periodo di ventotto anni d'osservazioni a Monaco, Stoccarda e Amburgo ha dato a Schübler i seguenti risultati:

Numero dei giorni di pioggia in 20 anni.	
Dalla luna nuova al primo quarto	764
Dal primo quarto al plenilunio	845
Dal plenilunio all'ultimo quarto	761
Dall'ultimo quarto al novilunio	696

Il massimo si è presentato fra il primo quarto e il plenilunio: il minimo fra l'ultimo quarto e la luna nuova. Se esaminansi separatamente i giorni, egli trova che su una proporzione di 10 000 giorni di pioggia ve ne sono stati:

Il giorno del novilunio	306
» del primo quarto	325
» del plenilunio	337
» dell'ultimo quarto	284

A Vienna, Pilgram notò su cento osservazioni della stessa fase:

Novilunio	26	cadute di pioggie
Media dei due quarti	25	»
Plenilunio	29	»

Il signor Gasparin, confrontando le osservazioni fatte in tre punti dell'Europa molto diversi, Parigi, Carlsruhe e Orange, ha trovato che dal quarto giorno dopo la luna nuova al quarto giorno dopo la luna piena, cadono:

A Parigi	612	pioggie
A Carlsruhe	674	»
A Orange	342	»

Mentre, durante la luna decrescente, fino al quarto giorno dopo il novilunio, ne cadono solo:

A Parigi	578
A Carlsruhe.	630
A Orange.	315

Questi risultati si accordano nel dimostrare che piove di più fra il primo quarto e il plenilunio che in qualsiasi altro tempo. Per rispetto al numero dei giorni nuvolosi e delle quantità d'acqua caduta, ecco ciò che Schübler ha constatato:

	Numero di giorni sereni in 16 anni	Numero di giorni nuvolosi in 16 anni	Quantità di pioggia in millimetri
Novilunio	31	61	674
Primo quarto	38	51	625
4 giorni innanzi il plenilunio (mass.)	25	65	679
Ultimo quarto	41	53	496

In Inghilterra, il signor Glaisher ha riunite e discusse le osservazioni di 19 7:6 giorni estendentisi dal 10 gennajo 1815 al 12 gennajo 1869; egli constata che l'età della luna influisce tanto sulla frequenza quanto sull'intensità della pioggia. Le pioggie più forti caddero dal ventesimo al ventesimo sesto giorno della luna e dal quinto al nono; le più deboli sono cadute nel tempo del novilunio. La pioggia è più frequente nella settimana che precede e segue il plenilunio, è meno frequente durante la prima e la seconda settimana della lunazione: il massimo precede il plenilunio e il minimo il novilunio.

Si è però constatato che piove di più al perigeo che all'apogeo.

La luna ha un'azione sull'atmosfera. Ma qual è la natura di quest'azione? Non è una marea aerea analoga a quella dell'oceano, l'abbiamo veduto testè. E un'azione calorifica? Dalle esperienze più accurate di Melloni, Piazzi, Smyth, lord Rosse, Marié-Davy, il calore dei raggi lunari che giunge al fondo dell'atmosfera ove noi respiriamo è appena

uguale a 12 *milionesimi di grado!* Sul picco di Teneriffa, sotto un'altezza minore d'atmosfera, tal calore è stato trovato uguale al terzo di quello d'una candela posta alla distanza di 4^m,75. È sempre estremamente debole. Ma se i raggi calorifici della luna sono quivi appena avvertiti, non si può dire lo stesso dei suoi raggi *luminosi,* che sono abbastanza intensi da dissipare l'oscurità delle nostre notti, nè dei suoi raggi chimici, potenti a segno da permetterci di fotografare istantaneamente con tutti i suoi particolari la geografia del nostro satellite. Onde, se dividiamo lo spettro lunare come abbiamo diviso più sopra lo spettro solare, noteremo che delle tre specie di raggi, i più deboli sono i più lenti, i calorifici, e che l'intensità va aumentando dalla sinistra alla destra dello spettro, che la sua luce è più forte del suo calore, e la potenza chimica più forte delle altre due.

Si può dunque ammettere che la luna abbia un'influenza chimica sulle delicate reazioni che determinansi di notte nelle foglie e negli organi dei vegetali. Si può altresì ammettere che nelle altezze aeree, in certe situazioni delle nubi, ove basta una causa debolissima per modificarle, la luna può mangiarle, come dice il proverbio popolare. Io stesso ho osservato più volte, ne' miei viaggi in pallone, che certe nubi si disciolgono rapidamente sotto l'influenza del plenilunio. In una parola, l'astro delle notti non è interamente senza efficacia su noi. Ma la sua azione non può essere paragonata a quella del Sole e non regola il tempo, come lo suppongono alcuni dilettanti meteoristi.

Nello stato attuale delle nostre cognizioni, non si può dunque basar nulla peranco sulle fasi della luna, a malgrado degli indizî precedenti. Tutt'al più si può semplicemente aspettare un cambiamento di tempo, in bello o in brutto, alla L. N. o alla L. P. prossima. Ma non si può nemmanco affermarlo; e questo fa sì che se gran numero di coltivatori e marinaî danno il primo posto alle quattro fasi della luna per l'ordinamento del tempo, è che essi non abbadano ad uno o due giorni di più o di meno, notano una coincidenza e non tengono conto di dieci non avvenute.

La previsione del tempo a lunga scadenza non potrebbe dunque inspirare alcuna fiducia, finchè è basata sui movimenti della luna. Nè per altro sarìa fattibile il basarla con miglior frutto su diversi documenti. Per ora è assolutamente inutile l'avventurare congetture sul tempo bello o cattivo, un anno, un mese, anche una sola settimana prima.

Non sarà possibile prevedere l'andamento del tempo che all'epoca in cui moltiplicate osservazioni sulla superficie intiera del globo avranno permesso di analizzare i diversi movimenti meteorologici muscolari e giornalieri. Allorchè l'uomo terrà sotto il suo sguardo il complesso della circolazione atmosferica, come già tiene il globo terrestre, geologico, climatologico e astronomico, egli seguirà il cammino delle onde che

passano da un meridiano all'altro, le fluttuazioni che attraversano e latitudini, le direzioni di correnti determinate dalla differenza delle terre e dei mari, dal rilievo del suolo, dalle catene di montagne, la distribuzione delle pioggie secondo i movimenti atmosferici, le stagioni ed i paesi, la successione dei venti, ecc., ecc.; la scienza giungerà a dominare le leggi invariabili e le forze costanti che reggono questi movimenti, per quanto complicati ed oscuri ci sembrino ancora; giacchè, come ha scritto Laplace: *La più piccola molecola d'aria è sottoposta*

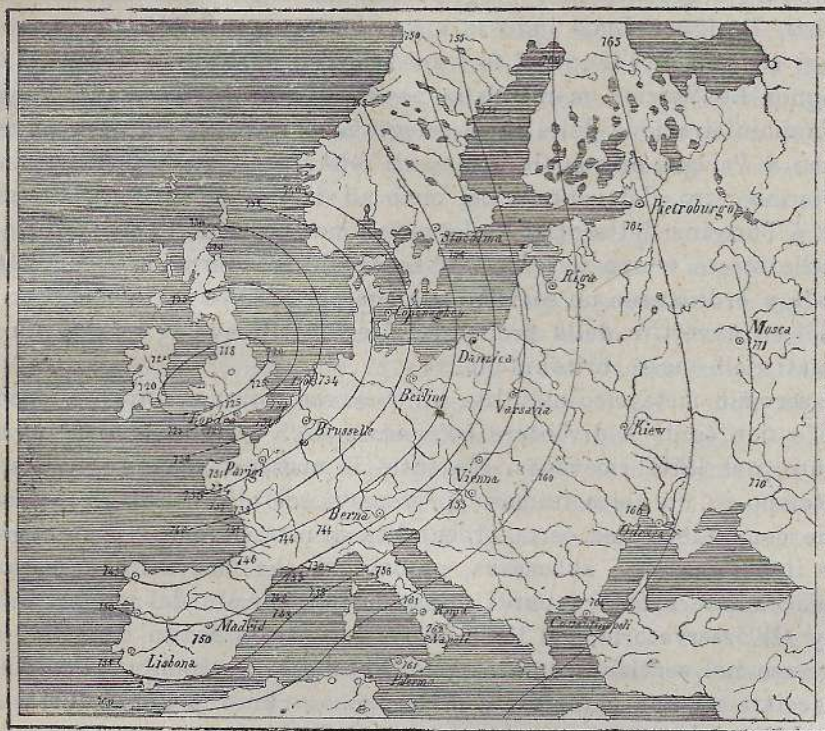



Fig. 225. — Stato barometrico dell'Europa, al 24 gennajo 1872.

ne' suoi movimenti a leggi così invariabili come quelle che reggono corpi celesti nello spazio.

Questo studio dei movimenti generali dell'atmosfera è incominciato da una ventina d'anni. I meteoristi americani Piddington ed Espy sono stati i primi ad applicare l'istantaneità dei dispacci del telegrafo elettrico nello stabilire le condizioni del tempo in un determinato momento su diversi punti lontanissimi tra loro, e a seguire i movimenti atmosferici constatati. Correva il 1850. Nel 1853 si radunò a Bruxelles un Congresso speciale di meteoristi e stabilì il gran problema della meteorologia ne' suoi termini principali. Il signor Quételet dimostrò che se

riunisconsi con linee tutti i punti in cui, allo stesso istante, il barometro cessa di salire e sta per ricominciare a discendere, cioè i punti sui quali passa a un dato istante un massimo barometrico, notasi che queste linee, le quali spesso attraversano tutta l'Europa, si trasportano dall'una all'altra, nella stessa guisa che si vedono propagarsi le onde sviluppate alla superficie d'un liquido. Il celebre fortunale di Balaklava in Crimea, il 16 novembre 1854, accompagnava l'affossatura che separava due onde consecutive, minimo barometrico che era passato il pomeriggio del 12 a Parigi, il 13 a Bruxelles, il 14 a Vienna, il 15 a Pietroburgo. Tale uragano svegliò profondamente l'attenzione dei meteoristi. Il signor Liais indusse tosto il direttore dell'Osservatorio di Parigi ad imitare i tentativi fatti in America, e, nel principio del 1855, il signor Le Verrier, mercè l'alta posizione sua, potè prender lingua dall'amministrazione delle linee telegrafiche francesi per riunire ogni giorno a Parigi i principali documenti relativi allo stato del barometro, del termometro, del vento e del cielo su diversi punti della Francia. Tale è l'origine del servizio telegrafico meteorico dell'Osservatorio.

Nello stesso tempo il *Board of trade* d'Inghilterra e l'ammiraglio Fitz-Roy ordinavano un servizio analogo per seguire i movimenti atmosferici ed avvertire della probabile direzione di questi i punti più minacciati delle coste britanniche.

Il servizio meteorico stabilito all'Osservatorio si sviluppò a poco a poco e non tardò a diventare *internazionale*. Quando entrai in tale istituto, nel 1858, ricevevasi già tutte le mattine, come oggi, lo stato del tempo in un certo numero di stazioni scelte sull'Europa intiera, e se ne concludeva una certa probabilità di cattivo tempo per le regioni dove il barometro si abbassava, probabilità che facevasi conoscere telegraficamente a tutti i punti minacciati. L'entrata del signor Marié-Davy all'Osservatorio, nel 1863, fu contrassegnata da un considerevole progresso nel servizio meteorologico. Nel mese di settembre si cominciò a tracciare su una carta muta d'Europa le curve d'uguale pressione barometrica che mostrano al primo sguardo la forma e la successione delle onde. Da quel momento si potè seguire con maggiore facilità l'andamento delle tempeste, e fino dai primi di dicembre annunciavasi alle coste di Francia l'uragano che stava per imperversare; le Camere di commercio ed i marinaî regolavano gl' interessi loro in conseguenza delle segnalate previsioni.

È evidente che il più delle tempeste che invadono l'Europa giungono dal sud-ovest, si dirigono al nord-est e si perdono in Siberia. Si può oggi rannodarle in cicloni da noi più sopra studiati, e riunire in certa guisa sotto una stessa denominazione i grandi movimenti atmosferici che si manifestano sui continenti e sui mari.

Il *Bollettino* quotidiano dell'Osservatorio di Parigi ci fa vedere in

certo modo il cattivo tempo da lontano, e ce ne fa seguire il cammino. Abbiamo osservato nel capitolo dei Venti la corrispondenza delle diverse direzioni del vento e della pioggia, e nel capitolo dei Cicloni la corrispondenza dell'abbassamento del barometro colla stessa meteora. Una carta sinottica dello stato del cielo alla superficie dell'Europa ci dimostra che il cattivo tempo accompagna il centro di depressione barometrica, sopratutto sul margine meridionale dei turbini, dove il vento è fra S. ed O. È quasi senza esempio che un turbine giunga sui confini dell'Europa senza produrvi la pioggia, o che incominci un tempo piovoso senza che si rannodi all'esistenza di un movimento di rotazione. Il passaggio di un turbine in un dato luogo, non dura di solito che pochissimi giorni; le pioggie ch'esso determina sono di breve durata, specialmente in estate; ma si succedono ad intervalli spesso vicini assai, e il loro complesso può costituire tutta una stagione piovosa. D'estate i turbini hanno per l'ordinario un campo d'azione assai ristretto. La terra è più calda del mare; i venti carichi di vapore sull'oceano tendono ad allontanarsi dal loro punto di saturazione, penetrando sul continente a cagione della temperatura più elevata ch'essi vi pigliano; ma il decrescimento verticale del calore è rapido, e produconsi pioggie abbondanti, ma poco prolungate. D'inverno la terra è, al contrario, più fredda del mare; la corrente equatoriale si raffredda a misura che s'inoltra; essa resta sovraccarica di vapore, onde il più debole abbassamento di temperatura vi determina vaste e lunghe pioggie. — I temporali seguono l'andamento delle pioggie. Non se ne forma mai nella regione occupata dalle forti pressioni; ma soltanto sul tragitto della corrente equatoriale. La temperatura si fa più mite innanzi l'arrivo delle pioggie.

Le consegnenze di quanto precede, diremo col signor Marié-Davy, sono « che i cambiamenti nello stato dell'atmosfera, in una regione determinata dell'Europa, sono il risultato diretto dello spostamento del letto della grande corrente aerea venuta dall'Atlantico e dal passaggio dei movimenti rotatorî che vi si producono; che il problema della previsione dei tempi consiste fino da quell'istante a tener di vista tali spostamenti, ad afferrare i primi segni dell'arrivo di ogni movimento rotatorio; a determinare l'estensione e l'intensità della meteora, la distanza alla quale essa deve passare dalla regione considerata, la direzione che deve seguire, la velocità colla quale si trasporta ».

Le carte sinottiche, aggiunge lo stesso autore, estese dapprima alla superficie dell'Europa, poi sull'Atlantico, sono un gran passo di fatto in quella via; esse già più non bastano. « È indispensabile che abbraccino in avvenire l'America, poi l'Oceano Pacifico e infine l'Asia. Nelle condizioni attuali della scienza, abbiamo la convinzione che i dispacci telegrafici provenienti dall'America o dalla Siberia ci permetterebbero

di prevedere 8 o 10 giorni innanzi i grandi cambiamenti del tempo. Il meteorista che vuol prevedere il tempo deve seguire con cura l'andamento di tutti i suoi istrumenti, e spiare con attenzione i menomi segni presentati dall'aspetto del Cielo. »

Per dare una idea delle carte che si costruiscono ogni mattina all'Osservatorio di Parigi e che dimostrano come *la pressione atmosferica si distribuisca a zone* sulla superficie dell'Europa, riproduco qui quella del 24 gennajo 1872 (fig. 225). Io l'ho compiuta con documenti pervenuti i giorni appresso all'Osservatorio, ed essa presenta un esempio assai raro. Il minimo di pressione (718) è sull'Inghilterra, la regione dei cattivi tempi. La zona massima è sulla Russia. Ogni giorno, ogni ora, il centro di pressione cambia di posto, e seguendo continuamente queste variazioni si può prevedere in anticipazione e annunciare ai porti le burrasche e il mare grosso. Ma così, come abbiamo detto dianzi, per prendere con sicurezza l'andamento del tempo, bisognerebbe che queste carte sinottiche potessero ogni giorno abbracciare il sud-ovest, l'Atlantico e l'America. Giungerebbesi infine a determinare le leggi generali che lo reggono.

All'infuori di questa previsione scientifica del tempo coll'esame di movimenti rotatorî che si trasmettono dall'Atlantico attraverso l'Europa intera, ci sono osservazioni popolari da non disdegnarsi, e che spesso rendono le previsioni degli abitanti delle campagne più sicure o più locali di quelle degli scienziati degli osservatorî; non c'è da vergognarsi a confessarlo. Definiamo questi principali pronostici.

Gli *aloni* e le *corone* che appajono intorno alla luna annunciano che il cielo sarà nuvolo l'indomani e probabilmente piovoso di una pioggia fina che dura a lungo

Il sole che tramonta dietro nubi rosse e vaporose, che danno maravigliosi effetti di *porpora oscura* e colorano tutto il paesaggio, annunziano la pioggia.

La *trasparenza* dell'aria, che ci avvicina gli oggetti lontani e permette di distinguere bizzarri particolari a più leghe di lontananza, annunzia parimenti la pioggia.

I cattivi odori che esalano da certi luoghi, cloache, cisterne, ecc., sono dovuti alla diminuzione delle pressione atmosferica e a condizioni igrometriche che annunziano egualmente le pioggie.

La nebbia che scende annunzia il bel tempo; quella che si alza annunzia la pioggia.

Certi animali offrono pronostici di rado ingannevoli. All'avvicinarsi della pioggia il gatto si stropiccia il muso, la rondine vola rasente il suolo, gli uccelli ripulisconsi le penne, le galline si coprono di polvere, i pesci saltano fuori dell'acqua, le mosche pungono con maggior accanimento.

Due venti di direzione opposta che si succedono conducono di solito la pioggia.

Cielo grigio alla mattina, bel tempo. Se i primi albori appajono sopra uno strato di nubi, vento. Se essi mostransi all'orizzonte, bel tempo.

Leggiere nubi a contorni indeterminati annunziano bel tempo e brezze moderate; nubi dense, dai contorni spiccati, vento. Nubi leggiere che corrono rapidamente in senso inverso di nere masse annunziano vento e pioggia.

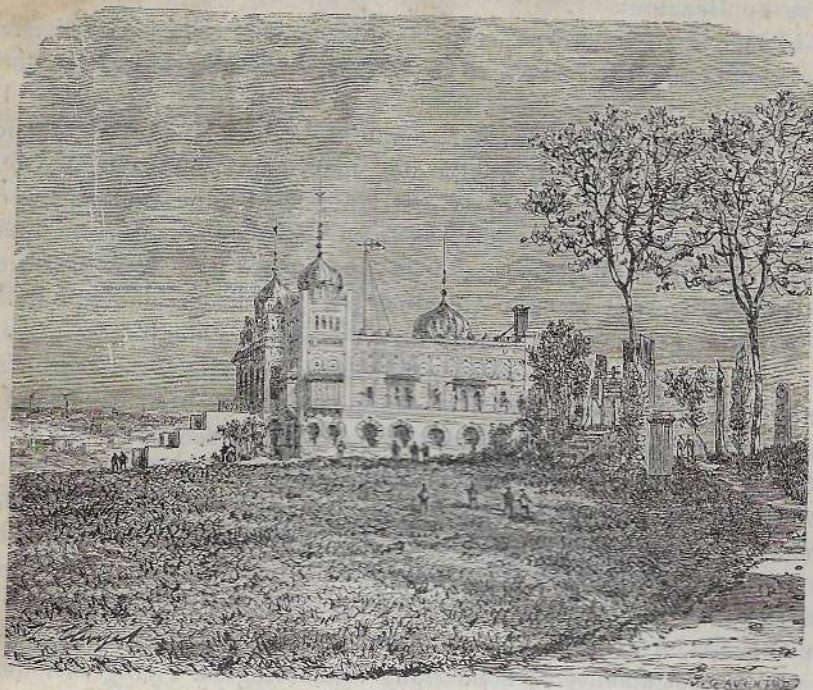



Fig. 226. — Osservatorio di Montsouris.

Un cielo a pecorelle precede comunemente un cielo nuvoloso e la pioggia.

Le nubi che corrono in senso opposto da quello del vento che spira alla superficie del suolo, annunziano generalmente un vicino cambiamento di direzione del vento in senso indicato.

Infine, per ogni paese, la direzione del vento, cambiata collo stato del cielo e della temperatura, inganna di rado, anche 24 ore prima, le previsioni d'un osservatore esercitato; osservasi specialmente tale sicurezza della sensazione in certe persone che, in mancanza di barometro, sono dotate di quella sensibilità nervosa o malaticcia che soffre alla menoma variazione della pressione atmosferica.

Sì varî pronostici però non saranno mai accessibili agli abitanti della

città, cui la posizione e gli interessi lasciarono sempre la mente estranea alle cose della natura, e sarebbe difficile che pratici osservatori se ne servissero neppure per compire le notizie scientifiche fornite dall'osservazione degl'istrumenti, perchè tali pronostici variano da un luogo all'altro. È dunque coll'osservazione simultanea stabilita sulla vasta estensione dell'Europa, e, se è possibile, dell'Atlantico, dell'America e dell'Asia, che si può sperare di giungere, come dicevamo più sopra, a conoscere le leggi generali che reggono il tempo e ad analizzare le loro diverse applicazioni.

In ultima analisi l'ordinamento del servizio telegrafico internazionale con centro all'Osservatorio di Parigi tende appunto a tale determinazione.

La meteorologia, lo studio del tempo, abbraccia una sfera d'azione molto più considerevole di quella dei movimenti atmosferici e della previsione del tempo; essa componesi in realtà dello studio generale del modo di esistenza dell'atmosfera tutta, nel tempo come nello spazio. Lo stato medio delle temperature di ogni luogo e le loro variazioni, il ritorno dei grandi periodi di calore o di freddo, l'andamento dell'umidità delle nubi e delle pioggie, degli animali e degli uomini, ecc., tutti questi elementi costituiscono la base della scienza meteorologica e sono l'objetto del suo studio costante. L'Osservatorio di Parigi ha testè compiuta la propria missione meteorologica facendosi definitivamente il centro di un ordinamento dipartimentale, stabilito dal ministro della Istruzione Pubblica, per osservare sulla superficie intiera della Francia gli elementi del cammino del tempo. Le osservazioni meteoriche fatte regolarmente ogni giorno nelle scuole normali permetteranno di conoscere esattamente ogni punto del nostro paese dal punto di vista che ci occupa, e di costruire un atlante fisico della Francia, che ne rappresenti esattamente la condizione climatologica. I progressi dell'agricoltura sono intimamente legati a tale cognizione, e all'infuori dell'interesse puro della scienza, quest'insieme di lavori avrà per iscopo definitivo di accrescere la ricchezza fondiaria del territorio.

Sia pure qualsivoglia la parte presa da un osservatorio astronomico nelle ricerche sì variate della meteorologia, essa non può consacrarvisi interamente. Non può nemmeno farne il precipuo oggetto del suo lavoro senza scadere dal suo grado speciale, senza mancare allo scopo della sua fondazione. A malgrado degli ammirabili e immortali progressi dell'astronomia moderna, questa scienza sublime non è arrestata nel suo corso; ogni nuova scoperta apre orizzonti sconosciuti, un campo infinito di esplorazioni tiene vivissimi continuamente l'occhio e la mente dell'astronomo, in qualsiasi speciale stabilimento, sotto gli auspicî della divina Urania.

Con tal pensiero, l'instancabile ministro Dury ha fondato, nel 1868,

d'intesa colla Società Meteorologica di Francia, un osservatorio di fisica e meteorologia.

Al sud dell'Osservatorio nazionale, sul confine del sobborgo San Giacomo e di Montrouge, estendesi fino alle fortificazioni il vasto altipiano di Montsouris, deserto, tranquillo e silenzioso, come era due secoli fa il terreno sul quale Colbert fondò l'Osservatorio. Da questo alto spianato vedesi Parigi ed i suoi dintorni fino a grandissima distanza. La immensa città, colle sue torri, i suoi monumenti, le sue cupole, rammenta agli occhî pensosi del contemplatore la vecchia Babilonia stesa sotto lo sguardo dell'astronomo della torre di Babele. Al sole che tramonta essa fiammeggia nella porpora e nell'oro, mentre intorno all'Osservatorio, che somiglia assai ad un monumento funebre, la collina di Montsouris e la valle della Bièvre si avviluppano di silenzio e d'ombra (fig. 226).

Un parco di vasta estensione è progettato e quasi disegnato attualmente. È probabile che non passerà l'anno 1873 senza ch'esso rappresenti nel detto quartiere di Parigi quello che il parco di Monceaux e quello delle *buttes* Chaumont sono per altri quartieri. Fino dalla primavera 1869, la città di Parigi stabiliva, nella parte più meridionale e più elevata del terreno destinata al parco, il padiglione del bey di Tunisi, il grazioso edificio orientale del Bardo, che i visitatori dell'Esposizione universale hanno ammirato al Campo di Marte nel 1867. A malgrado della sua leggierezza apparente, questo padiglione è in oggi distribuito abbastanza comodamente in diversi ufficî meteorologici, gabinetti d'istrumenti, biblioteche, ecc. Intorno allo stabilimento due ettare di terreno sono separate dal parco, e destinate esclusivamente alle osservazioni meteoriche. Gli apparecchî situati nel giardino non subirono più l'influenza, come quelli dell'interno di Parigi, degl'irradiamenti degli edificî; l'aria circola come in piena campagna; alla banderuola e all'anemometro non viene alcun danno dal vicinato; in una parola, v'è una disposizione affatto speciale e nelle vere condizioni necessarie alla precisione delle osservazioni meteoriche.

Mercè la perseveranza del signor Carlo Sainte-Claire-Deville, presidente della commissione fondatrice di quest'Osservatorio, un servizio completo di osservazioni meteoriche vi funziona dal 1867. I termometri sono posti in un boschetto, che li tiene riparati dal sole mentre lascia circolare l'aria. Quattro termometri misurano l'andamento della temperatura dell'aria; altri due sono destinati ai massimi ed ai minimi; tre altri (bolla annerita, bolla verde, termometro nel vuoto) sono destinati a misurare l'azione solare. L'ozono, la luce diffusa, lo stato del cielo, l'umidità, il vento, la quantità d'acqua caduta, sono osservati assiduamente. Le osservazioni sono fatte con regolarità ogni tre ore: alla 1, alle 4, alle 7, alle 10 ant., alla 1, alle 4, alle 7, alle 10 pom. Non

isfugge il menomo movimento atmosferico. Nessun uragano che si scateni su Parigi cessa prima di essere stato registrato in tutti i suoi particolari. Quattordici stazioni municipali sparse su tutta l'estensione di Parigi constatano la quantità di pioggia caduta in ogni punto, l'ozono, l'altezza e la temperatura della Senna. Alcune stazioni insediate nei dintorni di Parigi tengono nota delle osservazioni corrispondenti. Per ultimo varie stazioni marittime, scaglionate dalla Manica al Mediterraneo, corrispondono ugualmente ciascun giorno coll'Osservatorio centrale di meteorologia. Un bollettino quotidiano pubblica tutti questi elementi. Un bollettino ebdomadario riassume la settimana, per quanto riguarda l'azione dell'atmosfera nella vita del globo: fioritura e fruttificazione delle piante, stato dai raccolti, sanità pubblica... Vedesi con quale larghezza di vedute, con quale cura scientifica fu tracciato ed effettuato questo programma. Si comprende quale speranza debba riporre la scienza francese in un'impresa incominciata con tanto amore, dirò anzi con tanta passione, tanto più sapendo quali poveri mezzi siano stati fin qui accordati alla nascente istituzione da un ministero che non ha per sè stesso altra rendita che le briciole raccolte sotto la tavola del ministero della Guerra.

Fino dal giugno 1872, l'Osservatorio di Montsouris è stato annesso all'Osservatorio Nazionale, come dipendenza, e per il servizio speciale della meteorologia che è ormai esclusa dello stabilimento astronomico. Il signor C. Sainte-Claire-Deville è stato nominato ispettore generale della meteorologia, e senza dubbio il Governo officierà il signor Renou ad accettare un analogo mandato. Questa misura non sarà cattiva se, come la logica esige, l'ispezione prova che la cosa ispezionata esiste, e che la meteorologia è solidamente stabilita in Francia. Il signor Marié-Davy è stato messo dal direttore dell'Osservatorio Nazionale alla testa di quello di Montsouris, e conserva nelle sue mani il servizio meteorologico a cui egli ha dato sì vivo impulso Vi è ajutato da abili colleghi. Se la scienza ha avuto dispiacere di perdere durante il funesto assedio di Parigi il nostro eccellente e laborioso amico Sovrel, la meteorogia continua ad essere sostenuta nel nostro illustre istituto nazionale da attivissimi scienziati, quali sono i signori Fron e Rayet, senza dimenticare i loro sostituti. Arroge inoltre un vasto elemento di progresso, fornito attualmente alla meteorologia dall'associazione scientifica di Francia, cui andiamo debitori di tanti bei lavori effettuati quand'essa aveva sede nell'Osservatorio, e che sembra non voglia scemare il suo contributo al progresso della scienza meteorologica francese. Un ultimo compimento è recato altresì a tali studî speciali dai costanti lavori della Società Meteorologica di Francia.

Se, con questi elementi francesi e colle indagini personali di parecchî scienziati indipendenti e cogli analoghi lavori ufficiali e privati delle

altre nazioni, la meteorologia non giungesse prima della fine del secolo a poter essere formulata su principî semplici costanti, come sua sorella primogenita l'astronomia, ci sarebbe da disperare. Ond'è che noi dobbiamo ritenerci sicuri che di giorno in giorno essa viemeglio penetrerà nel meccanismo atmosferico e vitale di questo pianeta, e che infine essa si stabilirà come scienza esatta, interprete assoluta della natura.

Quanto a me, ho procurato di rappresentare in quest'opera lo stato attuale delle cognizioni sull'atmosfera. È però meno un trattato di meteorologia che una descrizione dei fenomeni, delle leggi e delle forze in azione costante nell'immensa fucina della vita terrestre. A malgrado delle lunghe veglie, di sì numerose pagine che più d'una volta hanno dovuto mettere a dura prova la pazienza del mio lettore, non sono ancora giunto a descrivere il tempo come si descrivono i movimenti degli astri, a prendere il carattere meteorologico degli anni, delle stagioni e de' giorni futuri, come annunciamo con regole invariabili l'andamento satronomico della Terra e dei mondi.

APPENDICE

I. — Intorno ai suoni uditi in pallone.

Il fischio di una locomotiva sentesi all'altezza di 3 000 metri, il rumore d'un convoglio a 2500 metri, gli abbajamenti fino a 1800 metri, un colpo di fucile odesi alla stessa distanza; le grida d'una popolazione si trasmettono talvolta fino a 1600 metri e vi si discerne parimenti il canto del gallo e il suono d'una campana. A 1400 metri sentonsi molto distinti il tamburo e tutti i suoni d'un'orchestra. A 1200 metri gli sbalzi delle carrozze sull'acciottolato sono assai percettibili. A 1000 metri odonsi le chiamate della voce umana; durante le notti silenziose il corso d'un ruscello o d'un fiume un po' rapido produce a tale altezza l'effetto di rumorose cascate. A 900 metri il gracidamento delle rane lascia udire interamente il suo suono lamentevole. E i rumori crepuscolari tanto leggieri del grillo campestre *(cri-cri)* giungono all'orecchio molto spiccati fino alll'altezza di 800 metri.

Il medesimo non è pei suoni diretti dall'alto al basso. Mentre udiamo una voce che ci parla a 300 metri sotto di noi, non sono distinte le nostre parole non appena siamo più in su di 50 metri.

Il giorno in cui più sono stato colpito da sì sorprendente trasmissione dei suoni, secondo la verticale del basso all'alto, fu nella mia ascensione del 23 giugno 1867. Avvolti nelle nubi da alcuni minuti, eravamo circondati da un velo bianco opaco che ci nascondeva cielo e terra, ed osservavo con sorpresa il singolare aumento di luce che ne succedeva d'intorno, allorquando, d'improvviso, giungono al nostro orecchio i suoni d'un'orchestra melodiosa. Sentivamo il pezzo eseguito come se l'orchestra fosse stata nelle nubi a pochi passi da noi, e cioè con mirabile chiarezza e perfezione. Eravamo allora sopra Antony (Seine-et-Oise). Esposto il fatto in un periodico, alcuni giorni dopo ho ricevuto con piacere una lettera del presidente della Società filarmonica di quella città, nella quale dicevami che siccome i suoi colleghi, riuniti nella Corte del palazzo di città, avevano veduto l'aerostato da una spaccatura della nube, egli aveva fatto suonare una composizione di passaggi delicatissimi, colla speranza che servisse alle mie esperienze d'acustica. Davvero che non si poteva aver migliore inspirazione.

In questa circostanza l'aerostato era a 900 metri dal luogo del concerto e quasi al suo zenit. A 1000, 1200 ed anche 1400 metri di distanza continuammo ad udire distinte le parti. Tale osservazione è stata rinnovata altre volle, e ho sempre con-

statata la permanenza dell'intensità dei suoni e di *tutti* i suoni, che camminano tutti colla stessa velocità e recano il componimento musicale nella sua integrità.

Lungi dall'opporre un ostacolo alla trasmissione del suono, le nubi, all'opposto, lo rinforzavano e facevano parere l'orchestra vicina a noi.

Quanto alla velocità, non ho potuto fare esperienza se non col soccorso dell'eco, con un buon cronometro. Le velocità medie da me ottenute, composte dal doppio cammino del suono dalla navicella alla terra e dalla terra alla navicella, sono comprese fra 333 a 340 metri.

II. — Quadro riassuntivo degl'incomodi provati sulle alte montagne

Respirazione. — La respirazione è accelerata, impacciata, laboriosa; provasi una estrema dispnea al più leggiero movimento.

Circolazione. — La maggior parte dei viaggiatori hanno sofferto delle palpitazioni, l'acceleramento dei polsi, il battere delle carotidi, un senso di pienezza dei vasi, talvolta l'imminenza di soffocazione, diverse emorragie.

Innervazione. — Cefalalgia dolorosissima, sonnolenza talvolta irresistibile, istupidimento dei sensi, indebolimento della memoria, prostrazione morale.

Digestione. — Sete, viva brama di bevande fredde, asciuttezza della lingua, inappetenza per gli alimenti solidi, nausee, eruttazioni.

Funzioni della locomozione. — Dolori più o meno forti nei ginocchi, nelle gambe; il camminare è faticoso ed esaurisce le forze.

Tali disturbi non sono regolari, non si verificano tutti nello stesso tempo, ed evidentemente dipendono assai dalle forze, dall'età, dalle abitudini e dagli sforzi anteriori. Sembra che siffatti incomodi mettano alla prova con maggior accanimento i viaggiatori nelle Alpi che in altre regioni del globo. Così, sul Gran San Bernardo, il cui convento è a 2474 metri d'altitudine, il maggior numero di frati diventano asmatici. Essi sono costretti a scendere sovente nella valle del Rodano per rimettersi, e scorsi dieci o dodici anni di servizio debbono lasciare il convento, dietro minaccia di rimanervi per sempre infermi; eppure nelle Ande e nel Thibet vi sono intiere città ove tutti possono godere una salute così buona come in qualsiasi altro luogo. « Quando si è veduto, dice Boussingault, il movimento che ha luogo nelle città quali Bogota, Micuipampa, Potosì, ecc., che sono all'altezza di 2600, 4000 metri; quando si è stati testimoni della forza e dell'agilità dei *toreadori* in un combattimento di tori a Quito, a 2908 metri; quando si sono vedute donne giovani e delicate ballare intere notti in luoghi quasi così alti come il monte Bianco, dove Saussure trovava appena appena la forza sufficiente per consultare i suoi istrumenti, e dove i suoi robusti montanari cadevano in isvenimento; quando si rammenta che un celebre combattimento, quello di Pichincha, fu dato ad altezza poco diversa da quella del monte Rosa (4600 metri), mi si concederà che l'uomo può abituarsi a respirare l'aria rarefatta delle più alte montagne. »

Lo stesso meteorista pensa altresì che sui vasti campi di neve i disturbi sono accresciuti da uno sviluppo d'aria viziata sotto l'azione dei raggi solari, e si appoggia

ad una esperienza di Saussure, che ha trovato l'aria sviluppata dai pori della neve meno carica d'ossigeno di quella dell'atmosfera circostante. In certe valli profonde e racchiuse dalle parti superiori del monte Bianco, nel *Corridor*, per esempio, nel salire si è per l'ordinario sì male in gambe, che per lunga pezza le guide hanno creduta avvelenata quella parte di montagna da qualche mefitica esalazione. E però adesso, ogni qualvolta il tempo lo permette, si passa dalla cresta delle Bosses, dove un'aria più vibrata scema d'assai l'effetto de' disturbi fisiologici.

A malgrado di una lenta abitudine, alcuni animali non possono vivere più in su di 4000 metri; così i gatti trasportati a tale altezza, soccombono dopo di essere stati assaliti da scosse tetaniche ognora più forti; spiccati invariabilmente salti prodigiosi, questi animali cadono estenuati di fatica e muojono tra le convulsioni.

III. — La rifrazione atmosferica.

Si sono costituite tavole di rifrazione stabilite dietro l'ipotesi di una disposizione uniforme dei diversi strati d'aria sovrapposti. Il potere rinfrangente dell'aria è determinato nell'ipotesi che questo fluido non contenesse che ossigeno ed azoto: ma noi abbiamo veduto ch'esso contiene inoltre da 4 a 6 diecimillesimi d'acido carbonico ed una quantità nuovamente variabile di vapor acqueo. Il potere refrigerante del vapore acqueo poco differisce da quello dell'aria propriamente detta, perchè si possa trascurare, in generale, la correzione che ne dipende. Non v'ha bisogno di tener conto che della temperatnra e della pressione atmosferica.

A mostrare di quale quantità la rifrazione rialzi gli oggetti esterni dell'atmosfera, io scelsi nelle nostre tavole alcuni numeri, la cui importanza comparata ne fornirà un'idea sufficiente. Al livello del mare ed alla temperatnra media di dieci gradi, ecco quale inflessione dà questa proprietà ai raggi luminosi. Le rifrazioni sono naturalmente diverse, secondo che uno osserva ad altezze più o meno elevate al disopra del livello medio del mare; esse diminuiscono man mano ch'egli va più in alto.

TAVOLA DELLE RIFRAZIONI.

Distanza allo zenit	Rifrazioni	Distanza allo zenit	Rifrazioni
90°	33′ 47″ 9	74°	3′ 20′ 8
86	24 22 3	72	2 57 7
88	18 23 1	70	2 38 9
87	14 28 7	65	2 4 4
86	11 48 8	60	1 40 7
85	9 54 8	55	1 28 1
84	8 30 3	50	1 9 4
83	7 25 6	45	0 58 3
82	6 34 7	40	0 48 9
81	5 53 7	30	0 33 7
80	5 20 0	20	0 21 2
78	4 28 1	10	0 10 3
76	3 50 0	1	0 0 0

Vedesi che un astro situato appunto all'orizzonte è rialzato più di 33 minuti d'arco, cioè più di mezzo grado, o circa $^1/_{180}$ della distanza dall'orizzonte allo zenit. Il sole e la luna non hanno 33 minuti di diametro. Quand'essi giungono, al loro levarsi astronomico, sull'orizzonte, li vediamo dunque di tutta la loro grandezza più alti che non siano in realtà. Quando si alzano pei nostri occhì, sono ancora in realtà intieri sotto il nostro orizzonte. Nella stessa guisa il Sole non tramonta in apparenza se non dopo essere scomparso veramente.

VI. — Variazione della durata del giorno per la Francia.

TAVOLA DEI GIORNI PIÙ LUNGHI E PIÙ BREVI

LATITUDINE	DURATA DEL GIORNO	
	Il più lungo 21 giugno	Il più breve 21 dicembre
Gradi	O. M.	O. M.
42	15 13	9 00
44	15 28	8 47
46	15 44	8 30
48	16 02	8 14
50	16 24	7 55

TAVOLA DELLA DURATA DEL CREPUSCOLO CIVILE

MESE	LATITUDINE				
	44°	44°	46°	48°	50°
	M	M	M	M	M
Gennajo	34	35	36	28	40
Febbrajo	32	33	34	35	37
Marzo	31	32	33	34	35
Aprile	32	33	34	36	36
Maggio	35	36	38	40	42
Giugno	37	39	41	44	46
Luglio	36	38	39	42	44
Agosto	33	34	36	37	39
Settembre	31	32	33	34	36
Ottobre	31	32	33	35	36
Novembre	33	34	35	37	39
Dicembre	34	36	37	39	41

TAVOLA DELLA DURATA DEL CREPUSCOLO ASTRONOMICO.

MESE	LATITUDINE				
	42°	44°	46°	48°	50°
	O. M.	O. M.	O. M.	O. M.	O. M.
Gennajo	1 31	1 33	1 36	1 40	1 45
Febbrajo	1 24	1 26	1 29	1 32	1 36
Marzo	1 24	1 26	1 29	1 33	1 37
Aprile	1 33	1 35	1 39	1 44	1 50
Maggio.	1 46	1 52	2 01	2 11	2 26
Giugno	1 56	2 05	2 19	2 36	2 13
Luglio.	1 48	1 54	2 04	2 14	2 31
Agosto	1 32	1 37	1 42	1 47	1 54
Settembre	1 24	1 26	1 30	1 34	1 38
Ottobre	1 23	1 25	1 29	1 33	1 36
Novembre	1 30	1 32	1 35	1 39	1 43
Dicembre.	1 34	1 36	1 40	1 45	1 50

V. — Posizioni ed apparenze dell'alone.

Poichè questo complesso fenomeno ottico solo dipende dai giuochi della luce del sole (o della luna), sulle particelle ghiacciate delle nubi atmosferiche, è evidente che la sua disposizione generale varia secondo l'altezza dell'astro sopra l'orizzonte. Tra le altre, quattro disposizioni sono distintissime, e noi daremo l'imagine teorica di tutti gli aloni possibili. Ecco, secondo Bravais, i quattro aloni : il primo, dopo la

levata del sole (13 gradi); il secondo, a maggior altezza (25 gradi); il terzo a 49 gradi, e il quarto a 61. Nelle figure spiegative (228), *S* rappresenta il posto del sole; *Z* lo zenit; *hh* l'alone solito o di 22 gradi; *HH* il grande alone o di 46 gradi; *PP* i parelî; *aa* l'arco circumzenitale tangente superiormente all'alone di 46 gradi; *Spp* il circolo parelico orizzontale; *pp* i parantelî; *cSc'* (nella prima figura) la colonna verticale all'orizzonte; *bb* (nella quarta) l'arco circumorizzontale tangente inferiormente all'alone di 46; *tt* l'arco tangente superiore dell'alone di 22 gradi; *t't'* l'arco tangente inferiore dell'alone di 22 gradi; *tt t' t'* un alone circoscritto formato dalla riunione dei due archi tangenti superiore ed inferiore; *ll* degli archi tangenti laterali dell'alone di 46 gradi; infine *A* un antelio.

La linea continua rappresenta le parti della meteora provenienti dai prismi ad assi di direzione indeterminata. Il tratto punteggiato e la croce indicano quelle che sono prodotte dai prismi ad assi verticali. Infine la linea interrotta, colle stelle a sei rami, si riferisce a quelle che sono dovute ai prismi ad assi orizzontali.

VI. — Ultimi aloni principali osservati.

Un bellissimo alone circumsolare si è mostrato a Parigi nella mattina del 20 aprile 1845; è stato studiato con diligenza da Bravais.

Il fenomeno si componeva: 1.° di un alone comune (di 22 gradi) di luce pallida; il raggio di questo cerchio, contato dal centro del sole al margine interno del bagliore, è stato trovato uguale a 21° 46′; dalla media di due misure prese con un sestante; 2.° di tre archi luminosissimi tangenti all'alone comune, uno nel suo punto di culminazione superiore, l'altro nel suo punto di culminazione inferiore.

I colori veduti in quegli archi luminosi erano, dall'interno all'esterno, il rosso (con una gradazione fulva spiccata assai), il giallo, il verde, un turchiniccio debolissimo e difficile a distinguersi, infine una luce bianca senza limite esterno determinabile. L'arco tangente superiore separavasi dall'alone comune ad una certa distanza da ogni parte del punto di tangenza, e i suoi due rami, ritorcendosi verso l'orizzonte, venivano a ricongiungersi coi rami corrispondenti dell'arco tangente infuori; il complesso di due archi tangenti formava così un'eclissi circoscritta all'alone comune, a piccolo verticale, e il cui asse maggiore era sensibilmente orizzontale.

Il 19 aprile 1849, il signor Plantamour ha osservato a Ginevra un alone solare dalle ore 3.5 alle 3.30. Alle 3.15 il sole era all'altezza di 38° 3′ sopra l'orizzonte, e circondato da un anello a colori vivissimi corrispondente all'alone comune. Vedevansi ai due lati due segmenti di un secondo alone concentrico, il cui raggio era presso a poco doppio di quello del primo, ma molto meno brillante. Nella parte superiore ed inferiore del secondo alone apparivano due archi colorati tangenti, brillantissimi nei punti di tangenza e terminati in punta. Il cerchio parelico era di color bianco abbagliante e vedevasi assai distintamente intorno all'orizzonte, salvo nella vicinanza immediata del sole. In questo cerchio trovavansi quattro parelî, due bianchi e due colorati. In questi ultimi, il rosso dominava quasi esclusivamente; una leggiera tinta turchiniccia era sensibile nella parte opposta al sole.

Il 24 febbrajo 1850, alle 4 ant. e fino al tramonto della luna, il signor Renou ha studiato un alone completo, con due paraseleni brillanti, a lunghi prolungamenti orizzontali, e che portava in alto una falcatura brillantissima. Di più notevole c'era una croce diritta, a quattro braccia uguali da 6 a 7 gradi di altezza, il centro della quale coincideva con quello della Luna; la larghezza di queste fascie, uguale a quella della Luna, diminuiva un po' alle estremità; aveva una luce più debole di quella dell'alone. Alle 10 ant. apparvero due parelî netti e brillanti, con coda bianca di più gradi; non iscorgevasi traccia di alone e neppure di cirro; il cielo era magnifico.

Il 21 febbrajo 1864, alle 9 ant., lo stesso meteorista ha osservato a Choisy un alone composto del cerchio di 22° completo, dei due parelî, di un frammento del cerchio di 25° e dell'arco circumzenitale. La temperatura era — 3°, 8, il vento *N* abbastanza forte, ed il cielo occupato da cirro-strati. La sera, alle 9 ore, l'alone è stato osservato intorno alla Luna coi due paraseleni. Tale fenomeno è stato veduto su una grande estensione. Fu descritto a Parigi, a Chartres, a Tours, a Vendôme. A Chartres hanno veduto i due parantiseleni opposti ai paraseleni.

Lo stesso fenomeno è stato osservato ad Orgères dal mio eccellente amico il dottore Lescarbault. Il cerchio parelico, o per dir meglio paraselenico, poichè era al chiaro di luna, è stato disegnato al pari di due paraseleni colle loro code, un arco tangente alla parte superiore dell'alone ed un altro alla inferiore.

Il 30 agosto 1866, il signor C. Decharme ha osservato ad Angers un grande alone solare (dal raggio di 46 gradi), il quale presentava due particolarità curiose.

Ecco dapprima la forma generale del fenomeno luminoso. L'arco visibile era semplice ed aveva i due terzi di una circonferenza; cominciava bruscamente verso l'O., a 25 gradi circa sopra la projezione, sul piano dell'alone, d'una retta orizzontale che passava dal centro apparente del sole, e finiva per conseguenza verso l'E, a 85 gradi circa sotto cotesta retta. La corona, da 4 a 5 gradi di spessore, era d'un bianco brillantissimo a margini bene spiccati, specialmente all'esterno (spesso avviene il contrario, il confine dell'orlo esterno è difficilmente assegnabile). Essa non era accompagnata da alcuna tinta iridata.

Il sole, allora difficilissimo a distinguersi ed anche a mirarsi, più non offriva che una forma indecisa, una macchia bianca ellittica irregolare, il cui grande asse era orizzontale ed allungatissimo, ciò che annunziava tendenza alla formazione di un cerchio parelico. Il cielo nebuloso vicino al sole era chiaro all'oriente, quantunque leggiermente velato da vapori bianchicci e disseminati di cirri e di cirrostrati, però lievi, che formavano il fondo generale omogeneo, il *substratum* sul quale spiccava la brillante meteora. Ma alla parte superiore occidentale, dove la corona era interrotta, trovavasi un segmento oscuro formato da uno strato-nembo, che estendevasi molto lontano all'O., sormontato da cumuli numerosi, sempre più sottili e vaporosi andando verso lo zenit.

Non vedevansi tinte iridate presso i margini dell'alone; pure il tracorona, cioè lo spazio compreso fra l'alone ed il sole, aveva una tinta particolare, generalmente color turchino-pallido debolissimo, somigliante al violaceo ed al rossiccio verso la corona, gradazioni leggiere e fuggevoli.

Le due seguenti particolarità sono curiose:

Dapprima la corona bianca, tenuto conto di una leggiera degradazione di tinta verso i suoi margini (specialmente verso il margine interno) aveva più presto l'apparenza di un *anello*, di un *toro*, anzichè quello di figura piana. Inoltre, nei due ultimi minuti d'osservazione, questo foro parve animato da leggiero moto di *rotolamento* su sè stesso *dall'interno all'esterno*. L'osservatore era in ferrovia. Poi vedevansi dei *prolungamenti di raggi bianchi*, aventi visibilmente per centro la posizione apparente del Sole, tutti fuori della corona e formanti insieme ad essa una specie di *gloria*, pronunciatissima nella regione superiore dell'alone. Questi raggi divergenti, larghi al loro principio come il quarto dello spessore della corona, e quasi bianchi al par di essa, lasciando tra loro intervalli presso a poco eguali e

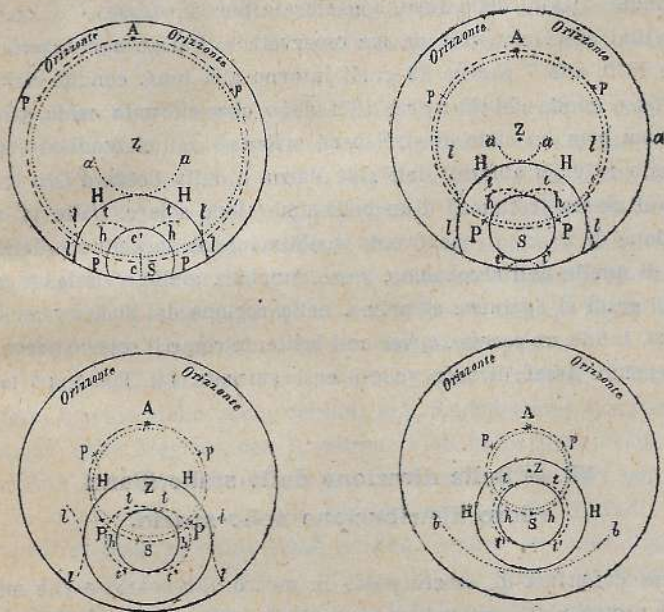



Fig. 227. — Differenti aspetti dell'alone a norma dell'altezza del sole.

due o tre volte più grandi della grossezza della corona, allungavansi sopra un fondo vaporoso a tinta uniforme fino alla distanza uguale ai due terzi del raggio della corona, e andavano scemando di splendore e di larghezza.

La giornata del 30 è stata relativamente più calda (22 gradi) della precedente e della seguente. Durante la notte del 30 al 31 e nella mattina del 31, piovve piuttosto abbondantemente, come accade di solito dopo la comparsa di un grande alone.

Il signor Decharme ha constatato ad Angers che le corone e gli aloni osservati nello spazio di un anno sono abbastanza numerosi e ponno essere divisi in tre gruppi, cioè:

1.° *Grandi aloni*, dal raggio di 46 gradi, detti aloni straordinarî, piuttosto rari nei nostri paesi.

2.° *Piccoli aloni,* dal raggio tra i 22 ed i 23 gradi, o aloni comuni, frequenti nei nostri paesi.

3.° *Corone* solari e lunari, dal raggio variabile, di solito bianche o poco iridate e i cui colori sono disposti in senso inverso di quelli degli aloni, essendo qui i rosso al difuori e il turchino all'interno.

Dal 30 agosto 1866 al 30 agosto 1867 si sono osservati ad Angers: due grandi aloni dal raggio di 46 gradi; ventisette aloni comuni dal raggio di 23 gradi; quattro corone solari o lunari; insomma, trentatrè meteore.

In generale dunque ogni mese ve ne sono parecchî visibili. Essi annunciano la pioggia: ne riparleremo su questo rapporto nel capitolo sui *Pronostici,* nell'ultima parte dell'opera, consacrata alla *Previsione del Tempo.* Qui non ci occupiamo che delle manifestazioni della luce, considerate per sè stesse.

Tra gli ultimi aloni notevoli da me osservati a Parigi, aggiungerò quello del 3 novembre 1870, alle 7 pom. a 23 gradi intorno alla luna, con un cielo tranquillo e quasi puro; e quello del 26 marzo 1871 dopo una giornata calda, parimente intorno alla luna e in un cielo di cirri bene orientati dal mezzodì al settentrione.

Il 22 maggio 1872 gli abitanti dell'alta Marna e della Costa d'Oro hanno avuto il privilegio d'essere testimonî d'un bellissimo alone solare. Dalle 11 ad 1 ora si dispiegò l'alone di 22 gradi, mostrando visibilmente la successione delle tinte, non meno belle di quelle dell'arcobaleno, rosso, ranciato, giallo e verde. A mezzogiorno l'alone di 46 gradi si aggiunse al primo, nella regione del sud, a vicenda brillando e spegnendosi. Infine, un parelio, quasi così brillante come il sole, apparve all'O. S. O. sul primo cerchio. Assai di rado vedesi così spiccato tal fenomeno nelle nostre regioni.

VII. — Sulla direzione delle stelle filanti e loro distribuzione nello spazio.

Supponiamo dapprima di essere posti in mezzo allo spazio e che mobili corpi vengano alla nostra vòlta con velocità uguali, da tutte le direzioni possibili, senza che ne arrivi più da una parte che dall'altra. Se noi siamo immobili, da qualunque banda ci voltiamo vedremo sempre venire a noi lo stesso numero di quei corpi mobili in un dato tempo. Ma se siamo in moto, vedremo questi stessi corpi giungere a noi in maggior numero dai punti dello spazio verso i quali ci dirigiamo, che non dai punti direttamente opposti da cui ci allontaniamo. Ci sarà altresì una variazione graduata nelle diverse direzioni, man mano che noi giriamo dalle diverse parti.

Ammettiamo che le stelli filanti ci giungano indistintamente da tutte le direzioni e abbiano tutte una stessa velocità nel momento in cui esse ci diventano visibili. Il movimento da cui è animata la Terra sulla sua orbita annuale deve portare delle differenze nel numero delle stelle filanti che vediamo venire da tale o tal altra direzione; questo numero dev'essero massimo nella direzione verso la quale la Terra cammina e minimo nella direzione opposta; esso deve diminuire gradatamente da una

direzione all'altra. Il punto della vòlta celeste verso il quale è diretta la velocità di traslazione della Terra, in un istante qualunque, costituisce dunque come un centro principale d'emanazione delle stelle filanti per gli abitanti della Terra. D'altra parte in ogni punto della superficie del globo non si possono vedere ad evidenza se non le stelle filanti che arrivano sopra l'orizzonte del luogo; e il numero di queste meteore, che si scorgeranno in un dato tempo, varierà colla posizione che sarà occupata per rispetto all'orizzonte dal centro principale d'emanazione; più il centro di emanazione sarà vicino allo zenit del luogo, e maggiore sarà questo numero. Da un'altra parte, per virtù dol moto di rotazione della Terra su sè stessa, il piano dell'orizzonte d'un luogo determinato cambia continuamente di posizione nello spazio; questo piano si colloca dunque successivamente in diversi modi per rispetto al centro d'emanazione di cui abbiamo dianzi parlato, di maniera che la frequenza di apparizione delle stelle filanti in questo luogo deve variare certamente in virtù di tale circostanza.

Ond'è che essendo la linea di traslazione della Terra sempre rivolta ad angolo retto sulla linea che unisce la terra al sole, il punto di mira della terra sulla sfera celeste sarà naturalmente posto sull'eclittica ad una distanza dal sole uguale al quarto della circonferenza. E però questo punto di mira percorrerà annualmente il gran cerchio dell'eclittrica, facendo un arco di 90 gradi col sole. Allorchè il sole sarà all'equinozio di primavera, il punto di mira della terra si troverà al solstizio d'inverno, allorchè il sole giungerà al solstizio d'estate, il punto di mira della terra toccherà l'equinozio di primavera, e così di seguito.

Siccome il punto di mira si sposta progressivamente lungo l'eclittica, ora trovasi nell'emisfero boreale della sfera celeste, ora nell'emisfero australe. Vi debbono essere dunque delle stagioni per la comparsa di stelle filanti, come ve ne sono per la quantità di calore e di luce che il sole ci manda. Solo però per la ragione che il punto di mira segue il sole alla distanza costante di 90 gradi, le stagioni di maggior apparizione delle stelle filanti debbono venire tre mesi dopo le stagioni che ci recano maggior calore e luce. Queste ultime vanno dall'equinozio di primavera (21 marzo) all'equinozio d'autunno (23 settembre), per cui le stagioni di maggior comparsa dello stelle filanti devono andare dal solstizio d'estate (22 giugno al solstizio d'inverno (22 dicembre).

Il moto diurno del punto di mira conduce questo ora sopra l'orizzonte, ora sotto questo stesso piano, nell'intervallo di ogni giorno solare, e però ci deve essere, nella comparsa delle stelle filanti, una variazione diurna proveniente da siffatta circostanza, e siccome il punto di mira resta lontano dal sole di un quarto di circonferenza, il centro di emanazione deve sempre precedere il mezzodì comune di circa 6 ore; è dunque verso le 6 ant. che deve verificarsi ogni giorno il massimo dell'apparizione delle stelle filanti, e verso le 6 pom. che deve succedere il minimo.

Infine il punto di mira non si presenta nel suo diurno moto in guisa identica da tutte le parti dell'orizzonte; per la qual ragione ci deve essere una variazione orizzontale nella frequenza d'apparizione delle stelle filanti.

Principalmente dall'est deve sembrare che vengano le stelle filanti, ed è infatti quanto ne insegna l'osservazione.

Secondo i caratteri presentati dalla variazione diurna, la velocità delle stelle filanti nello spazio è maggiore di quella della terra nella sua orbita e poco diversa dalla velocità di cui sarebbe animata una cometa che, partendo dalla profondità dello spazio, venisse a passare vicino al globo.

Tale velocità cometaria ha per valore $\sqrt{2}$ o 1, 41, essendo 1 la velocità della terra sulla sua orbita. Siccome dunque la velocità della terra è di Km. 29,5 al secondo, comprendesi che le velocità apparenti delle stelle filanti debbono presentare tutti gli stati di grandezza tra un massimo di 71 Km. al secondo ed un minimo di 12 Km.; poichè queste velocità apparenti vanno decrescendo progressivamente dalla direzione del punto di mira della terra, che corrisponde al massimo, fino alla direzione opposta, che è quella del minimo.

VIII. — Sulla temperatura delle fonti.

Una fonte della Senna, quella della Duy, a Châtillon sulla Senna, è stata trovata a 10°,4 da Arago, il 25 ottobre 1825, alle quattro pomeridiane. L'acqua, allora pochissimo abbondante, della « fontana dei Duchi » segnava 10°,4. Un'altra fonte dello stesso fiume, quella d'Evergeraux, era soltanto a 9°,2; ma bisogna notare ch'essa è 470 metri sopra il livello del mare, mentre la prima lo è appena di 270. La sorgente della Marna, presso Langres, che sfugge dal versante di una collina calcare, 351 metri sopra il livello del mare, è stata osservata a 9°,7 il 18 ottobre 1839, nella mattina, dal mio compatriota Walferdin. Sul versante opposto della stessa collina, e presso a poco allo stesso livello, scorre la sorgente della Fontana Bianca, la cui temperatura era nello stesso giorno, un'ora più tardi, di 9°,5. Sul prolungamento dello stesso versante, una fonte che scorre al basso della città di Langres segnava nel medesimo giorno 9°,5. È parimente la temperatura dei pozzi di Langres, che scorrono alla profondità media di 29 metri con una corrente di un metro da levante a ponente. La sorgente della Mosa, nella stessa regione e non lungi da Montigny-le-Roi, segnava 10°,9 la mattina del 10 ottobre 1839. Bisogna osservare che quantunque la sua altezza sia di 379 metri sopra il livello del mare, essa non sorge da una collina, bensì dalla pianura, e sgorga da un piccolo bacino che ha circa un metro di apertura e 0m,50 di profondità, e manda un getto continuo, inesauribile. Perchè è all'aperto, la temperatura dell'aria la modifica alquanto. Il giorno dell'osservazione, tale temperatura era di 14°,5, e spiega la elevatezza di quella e di cotesta fonte sulle precedenti.

Le fonti situate sia nella pianura e nelle basse colline dell'Alsazia, sia nelle valli dei Vosgi e della Selva Nera, non differiscono nella loro temperatura media che di 0,8 al più, quand'esse sono alle altitudini vicinissime, e ad uguale altitudine la temperatura media delle fonti della valle del Reno, fra 180 e 260 metri d'altezza e fra 48 e 49 gradi di latitudine, è di 10°,5, valore corrispondente all'altitudine media di 212 metri.

IX. — Sui « santi di ghiaccio » di febbrajo, maggio, agosto e novembre.

Soltanto da trenta o quarant'anni le ricerche di Brander, Maedler, Erman, tosto seguite da quelle di Dove, Quètelet, Buys-Ballot, Fournet, Petit, hanno di bel nuovo richiamata l'attenzione dei fisici sulla regolarità che pareva presentassero alcune di tali crisi della temperatura terrestre.

Nella sua forma più generica, la questione può formolarsi nel modo seguente:

Qual è, per una data località, lo sbalzo medio, in più od in meno, che presenta la temperatura di ciascuno dei giorni dell'anno riguardo al regolare andamento della temperatura fra gli animali?

Questo sbalzo è sensibilmente lo stesso per ogni anno o per un piccolo gruppo di anni? Varia, al contrario, da un anno all'altro, o da un gruppo d'anni all'altro' in modo da presentare certa periodicità?

Quanto alle questioni che si rannodano secondariamente a questa prima questione generale, esse sono assai numerose, poichè la quantità di luce versata nell'atmosfera, lo stato elettrico dell'aria e le sue proprietà dette ozonometriche, il suo stato igrometrico e lutte le meteore acquose che ne dipendono, come pure le variazioni nella pressione barometrica, gli spostamenti dell'aria, e i venti, le tempeste, in una parola tutti i fenomeni atmosferici, sono intimamente legati colla ripartizione del calore alla superficie del globo.

Infine un'appendice naturalissima e importantissima di queste perturbazioni termometriche trovasi nell'influenza che esercitano sulla salute degli uomini, degli animali e delle piante.

Tutte queste questioni sono di pertinenza della statistica. Esse saranno ancora lunghe da analizzarsi e da risolversi; nondimeno possiamo già segnalare il fatto seguente, posto fuori di dubbio dai confronti del signor C. Sainte-Claire-Deville.

Quattro momenti nell'anno colpiscono principalmente l'attenzione coll'abbassamento di temperatura e la perturbazione atmosferica che vi si producono: sono le epoche che avvicinano il 12 febbrajo, il 12 maggio, il 12 agosto e il 12 novembre.

Il freddo periodico del mese di maggio è una tradizione popolare; gli orticoltori chiamano i *tre santi di ghiaccio* San Mamerto, San Pancrazio e San Gervasio, i cui anniversarî ricorrono l'11, il 12 e il 13 maggio. V'ha una coincidenza assai notevole.

Per febbrajo, gli stessi andamenti generali soltanto son più decisi. La caduta, dopo il 7 febbrajo, è assai repentina e va direttamente al 12, che presenta un solo minimo nel centro stesso dei santi di ghiaccio di febbrajo.

Siccome febbrajo rappresenta nei nostri climi i climi del nord, tutto vi sarà estremo, tanto l'ascesa come la caduta: in agosto, all'opposto, che in certa guisa introduce qui il clima tropicale, tutto è più graduale, molto meno brusco; ed il piccolo moto sensibilmente parallelo a quello dal 10 al 14, in maggio, o se si vuole dei santi di ghiaccio d'agosto, vi si prolunga fino al 16.

Tanto in novembre come in agosto, vedesi lottare il pendio decrescente della temperatura colle influenze che mirano ad un riscaldamento anormale, i punti di ritorno corrispondono perfettamente a quelli dei tre altri mesi, e uno degli ultimi, il 14, dà *l'estate di San Martino.*

Le osservazioni di un gran numero d'anni provano come tanto a Londra ed a Berlino quanto a Parigi, vi sia una specie di solidarietà fra i quattro giorni della stessa data, combinati nella loro temperatura media.

Il signor C. Sainte-Claire-Deville ha potuto constatare che questi curiosi periodi si riscontrano nei più antichi documenti meteorologici conosciuti, per esempio nelle osservazioni testuali dei discepoli di Galileo e dell'Accademia del Cimento di Firenze. Le dette osservazioni si suddividono in quindici anni (1655-1670). Ritrovasi il minimo dei santi di ghiaccio, che ricorre il 12 con precisione sorprendente, e si riscontrano maravigliosi rapporti tra le riflessioni della curva e quella de' periodi parigini.

È certo che da due secoli, e nella porzione d'Europa da noi abitata, le periodiche anomalie della temperatura, di cui alcune erano proverbiali presso i nostri antichi, si sono manifestate coi caratteri più sopra definiti.

Il modo di coordinazione che rende meglio evidente la solidarietà delle perturbazioni periodiche di quattro mesi è quello che ravvicina i giorni, non conforme le posizioni equidistanti dal sole in longitudine, ma piuttosto secondo l'uguaglianza dei tempi scorsi. Combinare a quattro a quattro i giorni della stessa data in questo periodo equivaleva presso a poco al combinare insieme quattro giorni posti sull'orbita terrestre, a distanze *eguali in tempo*. Questa combinazione mostra ad evidenza che havvi una solidarietà di certo ordine tra i quattro giorni che sono posti, sull'orbita terrestre, a distanze eguali. — Per questa constatazione, il signor Deville ha discusso centosessanta giorni, suddivisi su quattro periodi opposti di quaranta giorni ciascuno, nel centro dei quali trovansi situate le scadenze singolari di febbrajo, di maggio, di agosto e di novembre.

Alcuni astronomi, tra cui Erman e Petit, hanno attribuito tali fenomeni frigoriferi alle masse d'asteroidi che si pongono talvolta fra il sole e la terra e che seguono nello spazio, come l'abbiamo veduto trattando l'argomento, orbite che possono guidarle a passare fra il sole e la terra.

X. — Sui cambiamenti di direzione del vento.

Il direttore dell'Osservatorio Nazionale del Belgio, ché dalle sue numerose osservazioni ha dedotto il procedere de' cambiamenti di direzione, concluse che i cambiamenti nel senso diretto o del movimento diurno del cielo sono più numerosi dei cambiamenti nel senso retrogrado, nel rapporto da 508 a 341.

Le rotazioni complete dirette sono molto più frequenti delle rotazioni retrograde e si contano annualmente 19 delle prime e 6 soltanto delle seconde; il rapporto è dunque come da 3 ad 1. La differenza si riporta quasi per intiero sulla primavera

e sull'estate. Durante ques' ultima stagione specialmente, in media, non fu contata che una rotazione retrograda all'anno, mentre contavansi 8 rotazioni dirette.

Se riunisconsi i numeri dati per l'inverno e l'autunno, trovansi in 5 anni 40 rotazioni, vuoi dirette, vuoi retrograde, mentre per la primavera e l'estate se ne sono contate 84, numero più che doppio del primo.

Qualora si consideri la durata delle rotazioni trovasi, pei valori estremi, che la rotazione più lunga è stata di 88 giorni, e la più breve di 1 ora e 15 minuti.

È d'uopo notare che le rotazioni più lente hanno avuto luogo durante i mesi di settembre, dicembre ed aprile, e le più rapide nei mesi di giugno, luglio ed agosto.

Il direttore dell' Osservatorio Nazionale d'Inghilterra, Airy, ci mostra in una tavola sulla quale ha registrato le rotazioni annuali dei venti osservate, che tale numero varia da 9 fino a 21, e pare sottomesso ad un periodo settennale.

Io ho osservato nei miei viaggi aerei una deviazione giratoria, la quale dimostra che il vento non si propaga in retta linea, quando si considera una grande estensione; ma inclina nel senso testè indicato dalla precedente teoria.

Immerso nella corrente atmosferica che lo trasporta, l'aeronauta è situato nella migliore condizione possibile, sì per conoscere la direzione costante della corrente, come per misurarne la velocità. Io ho avuto cura, in ogni viaggio, di tracciare esattamente sulla carta di Francia e d'Europa la projezione della linea aerea seguita dall'aerostato, coll'ajuto di punti di riferimento che si stabiliscono colla massima facilità quando il cielo è puro, e che si può sempre giungere ad ottenere, anche sotto un cielo nuvoloso, sia approfittando degli squarci tra le nubi, sia scendendo a quando a quando sotto di esse.

L'aerostato segna con tanta esattezza la direzione e la velocità assoluta della corrente, che la prima sensazione provata navigando nell'aria è quella della immobilità assoluta. È una impressione affatto particolare e sempre sorprendente il vedersi trasportare colla velocità del vento e non sentire alcun soffio d'aria, non la menoma brezza nè il più leggiero moto, anche quando ci troviamo trasportati con furia nello spazio dall'irata tempesta. Una buona brezza l'ho provata una sol volta, il 15 aprile 1868, per alcuni minuti; e ciò l'attribuisco al fatto che cioè il pallone lanciato allora con la velocità di 55 chilometri all'ora giunse in una regione dove l'aria spostavasi meno rapidamente.

Un fatto capitale spicca con evidenza dal tracciato delle mie diverse linee aeree.

Queste strade s'inclinano le une e le altre nello stesso senso, per effetto di una deviazione rotatoria generale.

Così, per esempio, il 23 giugno 1867, l'aerostato, spinto da un vento del nord, movesi dapprima verso mezzogiorno, poi forma verso ponente un angolo leggiero colla linea del meridiano di Parigi: questo angolo, nel principio debolissimo, poichè il pallone passa a levante d'Orléans attraversando il 48mo grado, di latitudine, diventa mano mano più grande. Nell'attraversare il 47 ° grado, la direzione diventa sud-sud-ovest, giunta al 46 , essa è compiutamente a sud-ovest ed è così che noi scendiamo alle ore 4,20 ant., a Larochefoucault, presso Angoulême. Partiti da Parigi il giorno innanzi alle ore 4,55, avevamo percorso 480 Km. in 11^{h} 35, con velocità crescenti.

Tal movimento rotatorio degli strati atmosferici provato da questo viaggio, manifestossi in modo analogo in diverse traversate. Il 18 giugno, partiamo sotto un vento est-nord-est, e vogando dapprima ad ovest-sud-ovest, passiamo allo zenit di Versailles. Tagliando l'angolo della foresta il Rambouillet, dopo di aver attraversato lo stagno di Sant' Uberto, andiamo a gettar l'ancora a Villemeux, al sud-ovest di Dreux. Rimorchiati a pallone legato sino in questa città, c'inalziamo di nuovo durante la notte e da quell' istante voghiamo affatto verso l'ovest. Dal 1° al 2° grado di longitudine, la rotazione continua a farsi più spiccata. Passiamo su Verneuil e Laigle e scendiamo a Gacé (Orne), condotti nella direzione di ponente inclinata già verso il settentrione.

Nella notte del giorno 9 al 10 giugno, dopo di esser venuti alla sera da Parigi, piegando al mezzodì, ed esserci fermati al margine della foresta da Fontainebleau a Barbizon, risaliamo nella mattina nell'atmosfera, e seguendo una curva che si è fatta ancor più evidente, a malgrado dello stato di tranquillità dell' atmosfera, noi giriamo a sud-ovest e scendiamo presso Lamotte-Beuvron, al sud di Orléans.

Il 15 aprile 1868, partito dal conservatorio, l'aerostato voga dapprima verso il sud-sud-ovest, passa allo zenit dell' Osservatorio, lascia all' ovest Bourg-la-Reine e Lonjumeau, e passa sopra Arpajon e Étampes. Seguiamo sensibilmente la linea della ferrovia d' Orléans, lasciando a destra Angerville, Artenay, Chevilly; poi, attraversata la foresta d' Orléans, arriviamo in breve sulla Loira, girando sempre più a sud-ovest. Lasciato Orléans a sinistra della nostra strada, seguiamo il corso della Loira per ridiscendere a Beaugency, avendo in tal guisa costantemente disegnato un arco di cerchio che ci trascina a sud-ovest.

Corrispondono siffatte osservazioni alla legge di rotazione dei venti segnalati da Dove? Ritengo sia questo un solo ed identico fatto.

XI. — Influenza dei venti sull' umidità e sulla pioggia.

UMIDITÀ RELATIVA PEI DIVERSI VENTI NELLE QUATTRO STAGIONI.

Venti	Inverno	Primavera	Estate	Autunno
N.	89,5	75,0	67,6	78,7
N. E.	91,2	72,2	64,4	82,6
E.	92,6	66,9	61,3	75,7
S. E.	85,5	71,4	66,3	79,2
S.	83,0	70,2	67,3	76,2
S. O.	81,8	70,3	69,9	78,6
O.	80,9	71,7	71,4	80,6
N. O.	83,2	73,4	68,8	32,7

Sorprende il contrasto che esiste tra l'inverno e l'estate. Quantunque in queste due stagioni la proporzione di vapore sia minore coi venti d'est che con quelli d'ovest, pure la temperatura poco elevata dei detti venti in inverno ristabilisce

l'equilibrio, e in tale stagione il vento di levante è il più umido, quello di ponente il più asciutto. D'estate avviene l'opposto; e il contrasto meglio appare quando ciascuno di codesti venti comincia a soffiare. Se, per esempio, in inverno, i venti d'ovest sono uguali qualche tempo con un cielo puro o quasi, e ad un tratto levasi un vento d'E. o di N. E., allora il cielo tosto si vela; le regioni inferiori dell'atmosfera si coprono di nebbia. Ma se il vento di levante continua a soffiare, allora il cielo diventa sereno, quantunque l'aria diventi umida. Se l'opposto succede, cioè se il cielo è nuvolo, col vento a levante, poi d'improvviso a mezzodì il cielo diventa puro e l'atmosfera asciutta, si discioglie il vapore acqueo e si allontana dal punto di saturazione. L'atmosfera ritorna umida quando il vento talvolta ha regnato alcuni giorni e ci ha recato gran quantità di vapori.

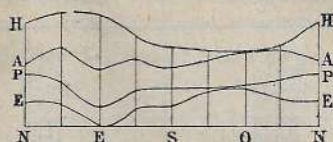



Fig. 228. — Influenza dei venti sull'umidità.

L'influenza dei diversi venti *sulle pioggie* è ancora più decisa che sull'umidita atmosferica. Eccola in numeri espressivi, secondo le constatazioni fatte all'Osservatorio di Bruxelles:

VENTI	DURATA DELLE PIOGGIE		ALTEZZA DELLE PIOGGIE		DURATA della stessa direzione del vento	DURATA relativa della pioggia	QUANTITÀ d'acqua ogni ora
	8 anni *a*	med. ann.	8 anni *b*.	med. ann.	*c*.	$\frac{a}{c}$	$\frac{b}{a}$
	ore	ore	mm.	mm.	ore	ore	mm.
N.	202.44	22.35	174.75	19,42	4.919	0.041	0,86
N. O.	632. 9	70. 8	505,22	55,04	6.370	0.099	0,80
O.	1179. 4	130.59	971,42	107,94	12.691	0.093	0.82
S. O.	1965.23	218 21	1580,28	175,59	19.133	0.103	0,80
S.	574. 3	63.47	442,30	49,14	9.101	0.063	0,77
S. E.	138. 8	15.21	128,68	14,29	6.865	0.020	0,82
E.	208.35	23. 8	136,79	15,20	9.766	0.021	0,64
N. E.	284 32	31.35	311,43	34,60	7.002	0.041	1,69
Anno	5184.38	575.54	4250,87	471,22	75.847	0.064	1,82

I venti, in quanto alla *durata* assoluta delle pioggie *a*, si dispongono quindi nell'ordine seguente: S. O., O., N. O., S., N. E., E., N., S. E.; e si può dire che lo stesso ordine sussista a un dipresso per la *quantità* assoluta d'acqua caduta *b*. È quel medesimo presso a poco quando si ha riguardo alla *durata* consueta dei venti *c*. Ma per la durata relativa di ogni vento, vedesi che, tenendo pur conto della loro frequenza, i venti di N. O. e d'O., sotto questo rapporto si dispongono immediatamente vicino ad essi. I venti meno piovosi sono quelli d'E. e di S. E.

Per rispetto all'abbondanza delle pioggie, o la quantità d'acqua ch'esse danno

all'ora, i rapporti trovansi presso a poco invertiti $\frac{b}{a}$; i venti di N. E. e di N. mandano maggior quantità di pioggia: quelli di S. S. O. e N. O. sono piuttosto al disotto della media generale.

Il quadro seguente dimostra la quantità d'acqua caduta e la durata della pioggia corrispondente ai diversi gradi d'intensità del vento.

Le pioggie più numerose e che insomma danno più acqua sono quelle che cadono sotto una intensità di vento debole; il vento debolissimo ed il vento fortissimo forniscono poc'acqua.

INTENSITÀ DEL VENTO	DURATA della pioggia dietro l'osservazione	QUANTITÀ della pioggia dietro l'osservazione	QUANTITÀ d'acqua ogni ora
	ore	mm.	mm.
0	268.25	216.0	0,81
1	1646.24	1408,9	0,86
2	1037.30	882,8	0,85
3	759 24	613,2	0,81
4	623.45	417,6	0,66
5	285. 2	232,8	0,82
6	277.59	177,6	0,78
7	157.50	136,0	0,86
8	75.20	60,5	0,80
9	39. 0	40,6	1,04
10	52. 5	31,2	0,60
11	10 20	15,7	0,81
12	17.55	13,0	0,74
13	16. 5	10,0	0,62
	5267.04	4255,9	0,816

XII. — Distribuzione delle pioggie secondo i mesi.

Dietro una media di trent'anni, all'Osservatorio di Bruxelles, si constata che ivi il mese d'agosto è quello che dà più pioggia e il mese di marzo è quello che ne dà meno.

E però da notarsi che, considerando i mesi relativamente alla quantità d'acqua ch'essi hanno fornita, durante le pioggie, trovansi al disopra del valore medio i sei mesi d'inverno e di primavera: e al disopra della stessa media i sei mesi di estate e d'autunno. La media dell'anno ci dà infatti 1mm,95 per la quantità d'acqua caduta al giorno, e si hanno pei dodici mesi:

MESI	MEDIA MENSUAL	MEDIA GIORNALIERA	MESI	MEDIA MENSUALE	MEDIA GIORNALIERA
		mm.			mm.
Dicembre	56	1,80	Giugno . . .	67	2,24
Gennajo	65	1,80	Luglio . . .	68	2,21
Febbrajo.	47	1,70	Agosto	72	2,23
Marzo.	50	1.61	Settembre . . .	61	2,02
Aprile.	51	1,69	Ottobre . . .	67	2,16
Maggio	56	1.83	Novembre . . .	60	2,06
Media . .	53	1,74	Media . .	66	2,16

L'andamento dei numeri è piuttosto uguale durante il primo semestre: ma lo stesso non può dirsi del semestre seguente, sopratutto a cagione della ineguaglianza offerta dal mese di settembre, il cui valore, pari a quello di novembre, è però di molto inferiore a quanto parrebbe dovrìa essere.

La media annuale è di 712 millimetri.

La media mensuale de' sei mesi d'estate è di 66 millimetri.

La media mensuale de' sei mesi d' inverno è di 53 millimetri.

La media diurna d'estate è di $2^{mm},16$.

La media diurna d'inverno è $1^{mm},74$.

La media diurna generale è $1^{mm},95$.

La quantità media d'acqua di pioggia caduta nel corso dell'anno, la durata delle pioggie, il numero delle ore di pioggia ogni giorno, infine il numero delle pioggie distinte secondo ciascun giorno di pioggia, hanno costituito l'oggetto di osservazioni speciali all'Osservatorio nazionale del Belgio. Ecco il quadro che le riassume.

MESE	ALTEZZA DI PIOGGIA IN GENERALE		DURATA media delle pioggie	NUMERO MEDIO		
	di pioggia ogni ora	in generale ogni giorno		delle ore di pioggia ogni giorno in generale	di pioggie ogni giorno in generale	di pioggie ogni giorno di pioggia
	mm.	mm.	ore	ore	ore	ore
Gennajo . . .	0,49	1.82	2.8	3.5	1.25	2.41
Febbrajo . . .	0,65	1,85	3.9	2.9	0.75	1.35
Marzo	0,58	1,74	4.2	3.0	0.71	1.31
Aprile	0,73	1,63	3.7	2.2	0.60	1.17
Maggio . . .	0,98	1,53	2.5	1.6	0.64	1.47
Giugno . . .	1,12	2,00	2.5	1.8	0.72	1.49
Luglio	1,37	2,23	1.9	1.6	0.84	1.61
Agosto . . .	1,53	2,52	2.9	1.6	0.55	1.10
Settembre . .	1,01	2,01	3.0	2.0	0.67	1.39
Ottobre . . .	0,93	2,16	2.9	2.3	0.79	1.41
Novembre . .	0,64	2,14	3.6	3 3	0.92	1.56
Dicembre . .	0,52	1,86	3.6	3.5	0.97	1.51
Media . .	0,88	1,96	3.1	2.4	0,78	1.48

Rilevasi a bella prima da questo quadro che l'altezza della pioggia in generale, per ore o per giorno, è maggiore in estate. L'ordine dei mesi è il seguente: agosto luglio, giugno, settembre, maggio, ottobre, aprile, febbrajo, novembre, marzo, dicembre, gennajo,

XIII. — Sulla durata delle pioggie.

La *durata media* delle pioggie è stata determinata col dividere la durata totale delle pioggie di tutto il periodo pel numero di queste pioggie. Sono più lunghe le pioggie nei mesi di marzo e di febbrajo e diminuiscono coll'allontanarsi di tali poeche. L'ordine dei mesi è il seguente: marzo, febbrajo, aprile, novembre, dicembre, settembre, ottobre, agosto, gennajo, maggio, giugno, luglio.

Si riconfrontino questi risultati con quelli delle due colonne precedenti, e si vedrà sommariamente che i periodi dell'anno che danno le pioggie più copiose sono in compenso quelli le cui pioggie sono più brevi.

Il numero medio di ore di pioggia ogni giorno, in generale, merita parimenti l'attenzione nostra. I valori calcolati nella quinta colonna del quadro precedente lo indicano in modo abbastanza regolare, come di leggieri si può convincersene. Piove in estate, termine medio, un po' più di un'ora e mezza al giorno, e quasi tre ore e mezza in inverno.

Il nostro dotto maestro ed amico, il rettore dell'Osservatorio di Bruxelles, ha pur avuto l'ingegnoso pensiero di osservare specialmente l'ora del principio solito delle pioggie. Il risultato non manca d'interesse. L'ora media del principio è presso a poco le 12 e mezza e per la fine 3 ore e 32 minuti pom. Queste ore mantengonsi piuttosto regolarmente in tutto il corso dell'anno.

Dalle 2 alle 3 pom. registransi in maggior numero le pioggie: cotesto risultato, anche a malgrado della piccolezza dei numeri, confermasi per la primavera, per l'estate e per l'autunno; i numeri relativi all'inverno sembrano meno concludenti. Tuttavia se, invece di prendere le ore separatamente, si raggruppano a tre a tre, in modo da dividere il giorno in otto parti, trovasi una legge facile a comprendersi e che si conferma quasi tutti i mesi presi ad uno ad uno. Le pioggie incominciano di solito da mezzodì alle 3 pom. in qualsiasi stagione: questa legge è più spiccata d'estate che d'inverno, ed è press'a poco a dodici ore di distanza che presentasi il minimo.

Vedesi dai detti risultati che:

1.° Il numero delle pioggie presenta un massimo fra mezzogiorno e le 6 pom., ed il minimo, all'opposto, fra mezzanotte e le 6 ant.; gli altri due periodi danno valori medî, quasi uguali, tra codesti due valori estremi.

2.° Ottengonsi conclusioni analoghe nel prodotto delle pioggie comprese interamente in un intervallo di sei ore; il massimo si osserva da mezzodì alle 6 pom.; e il minimo da mezzanotte alle 6 ant.

3.° Il prodotto totale delle acque cadute dispone come segue i periodi di cui sono cominciate le pioggie: da mezzodì alle 6 pom., dalle 6 pom. a mezzanotte, dalle 6 ant. a mezzodì, da mezzanotte alle 6 ant.

4.° Le quantità di pioggia che cadono di giorno tra le 6 ant. e le 6 pom. sono un po' più grandi di quelle che cadono di notte, tra le 6 pom. e le 6 del mattino. Ma da mezzogiorno a mezzanotte la preponderanza delle pioggie è assai manifesta tanto pel numero che pel prodotto.

In complesso, piove più di notte che di giorno, ed all'incontro piove più spesso di giorno che di notte. Questa doppia osservazione è stata fatta parimenti da Bérigny a Versailles e da Hombres-Firmas ad Alais (Gard), per trentacinque anni continui.

Le registrazioni fatte ad ogni ora del mese all'Osservatorio reale d'Inghilterra, dal signor Glaisher, dal 1861 al 1867, dimostrano che *le pioggie più frequenti* accadono:

D'inverno, nelle sei ore che precedono e le tre che seguono mezzogiorno; — in primavera, nelle tre ore che seguono mezzogiorno; — d'estate, nelle tre ore che seguono le 6 pom.; — ed in autunno nelle sei ore del pomeriggio.

Le pioggie *meno frequenti* seguirebbero all'opposto: D'inverno, nelle tre ore che precedono mezzanotte; — in primavera, dalle 6 alle 7 pom.; — d'estate, dalle 6 ant. a mezzodì; — ed in autunno dalle 9 a mezzodì.

XIV. — Sulla velocità delle goccie di pioggia.

Non v'ha alcuno che, viaggiando in ferrovia e osservando un pochino, non abbia notato che la pioggia traccia nel cadere linee oblique inclinatissime, quando il treno è animato da grande velocità. Infatti, supponendo che le goccie di pioggia cadano realmente verticali — ciò che avviene quand'esse sono pesanti o quando il vento

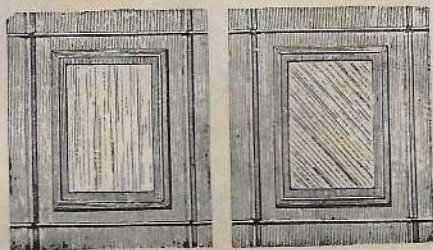



Fig. 259. — Direzione inclinata delle goccie di pioggia in un vagone in viaggio.

è debole — la finestra del compartimento produce, collo spostarsi, un effetto di facile spiegazione. Una goccia, che mostrasi, supponiamo, all'alto del margine anteriore della finestra, traccierebbe una linea verticale parallela al detto margine; come nello sportello di sinistra di questa figura, se il vagone fosse immobile; ma siccome corre, essa traccia una linea obbliqua risultante da due forze componenti: 1.° la velocità propria della goccia; 2.° quella del vagone. Se la goccia fosse immobile, la linea da essa projettata dietro il vetro sarebbe orizzontale. Di solito, questa linea supponendo che cominci all'angolo superiore del rettangolo che corre pel primo, viene a tagliare il lato verticale opposto verso l'estremità inferiore. La distanza di tal punto dal vertice dell'angolo superiore rappresenta la *velocità* della pioggia, e il lato orizzontale quella del vagone. Il rapporto di coteste due linee $\frac{a}{b}$ dà quello della velocità. Siccome quella del convoglio è conosciuta, facilmente determinasi l'altra. Con siffatto mezzo ingegnoso e in uno semplice, il comandante Rozet ha trovato che la pioggia cade in media con una velocità di undici metri al secondo, velocità debolissima se riflettesi all'altezza della caduta.

FINE

INDICE

LIBRO QUARTO

Il vento.

LIBRO QUINTO

L' acqua — le nubi — le pioggie.

LIBRO SESTO

L' elettricità — i temporali e i fulmini.